

Marko Haehnel

Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zur Ausrichtung von
Gelee-Produkten für die Einzelverpackung auf einer
Schlauchbeutelmaschine

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maschinenbau / Feinwerktechnik

Viersen, 2009

Erstprüfer: Prof. Dr. -Ing. Wolfgang Reglich

Zweitprüfer: Dipl. -Ing. Maik Mühlberg

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

- **Bibliographische Beschreibung:**

Haehnel, Marko:

Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zur Ausrichtung von Gelee - Produkten für die Einzelverpackung auf einer Schlauchbeutelmaschine. - 2009. - 71 S. Viersen, Hochschule Mittweida, Fachbereich Maschinenbau/Feinwerktechnik, Diplomarbeit

- **Referat:**

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zur Ausrichtung von Gelee - Produkten. Nach einer Vorbetrachtung wird klar, dass nur ein Wenden der Produkte Sinn macht. Es werden die zwei allgemeinen Lösungsansätze des kontinuierlichen- und diskontinuierlichen Wendens formuliert. Nach einer Patentrecherche werden Lösungskonzepte zu den jeweiligen Lösungsansätzen aufgestellt und bewertet. Die favorisierten Konzepte werden anschließend konstruktiv vertieft und erneut bewertet. Zum Schluss erfolgt die Vorstellung und Beschreibung des Gesamtentwurfs.

Vorwort

An erster Stelle möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich jederzeit unterstützt und mir meine Ausbildung ermöglicht haben.

Ebenfalls bedanke ich mich bei meiner Freundin Peggy Zill die mich während meines Studiums begleitet hat.

Das Thema der vorliegenden Diplomarbeit sowie die zur Bearbeitung erforderlichen Unterlagen und Materialien wurden von der Robert Bosch GmbH, Produktbereich Confectionery and Chocolate, Werk Viersen, zur Verfügung gestellt.

Weiterhin möchte ich mich bei allen Mitarbeitern der Abteilungen END12 und DOC für ihre Unterstützung bei meiner Arbeit bedanken. Besonderer Dank gilt dabei Herrn Dipl.-Ing. Mike Mühlberg, der mir die Anfertigung dieser Arbeit ermöglichte und mich seitens der Firma Bosch betreute.

Für die gute Betreuung seitens der Hochschule möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reglich bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Grundlagen	2
2.1	Gelee-Produkte	2
2.1.1	Zusammensetzung und Beschaffenheit	2
2.1.2	Formate	3
2.2	Verpacken	4
2.2.1	Die Verpackung	4
2.2.2	Die Maschine	5
2.3	Ausrichten	7
3	Aufgabenanalyse.....	8
3.1	Marktanalyse	8
3.2	Marktlastenheft.....	10
3.2.1	Markt und Wettbewerb.....	10
3.2.2	Ausführung und Realisierung	12
3.3	Anforderungsliste	14
3.4	Problemanalyse.....	15
3.4.1	Abstraktion der Aufgabenstellung.....	15
3.4.2	Ausgangslage	16
3.4.3	Einschränkungen durch Produkteigenschaften	17
3.4.4	Einschränkungen durch kinematische Probleme	18
4	Entwicklung von Lösungsvarianten	20
4.1	allgemeine Lösungsansätze	20
4.1.1	Ansatz 1 - kontinuierlich wenden	20
4.1.2	Ansatz 2 - diskontinuierlich wenden	21
4.2	Lösungsansatz 1 - kontinuierlich wenden	22
4.2.1	Funktionsgruppen charakterisieren	22
4.2.2	Patent- und Internetrecherche zu den Funktionsgruppen	23
4.2.2.1	FK 1 – Produktstrom aufteilen	23
4.2.2.2	FK 2 – Produktstrom vereinigen	28

4.2.2.3	FK 3 – kontinuierlich wenden.....	29
4.2.3	Teillösungen für die Funktionsgruppen	32
4.2.3.1	Teillösungen für Funktionsgruppe 1.....	33
4.2.3.2	Teillösungen für Funktionsgruppe 2.....	38
4.2.3.3	Teillösungen für Funktionsgruppe 3.....	42
4.3	Lösungsansatz 2 - diskontinuierlich wenden	45
4.3.1	Lösungsvarianten	45
4.3.2	Variante 1 : Sternrad.....	46
4.3.3	Variante 2: Gondelrad.....	47
5	Bewertung zur Auswahl der Lösungsvarianten	48
5.1	Bewertung zum kontinuierlichen Wenden.....	48
5.1.1	Festlegung der Bewertungskriterien.....	48
5.1.2	Ermittlung der bevorzugten Variante	49
5.2	Bewertung zum diskontinuierlichen Wenden	51
6	Variantenkonstruktion	52
6.1	Bewertung zur Auswahl der Lösungsansätze	52
6.2	Variantenkonstruktion – kontinuierlich Wenden	54
6.2.1	Variantenkonstruktion – FK 1 Produktstrom aufteilen	54
6.2.1.1	Grundlagen.....	54
6.2.1.2	Auswahl und Auslegung des Positionierungsantriebes	57
6.2.1.3	Konstruktion des Pull Nose Systems	60
6.2.1.4	Auslegung Bandantrieb	64
6.2.2	Variantenkonstruktion – FK 2 Produktstrom wenden	65
6.2.3	Variantenkonstruktion – FK 3 Produktstrom zusammenführen ...	68
6.2.4	Komplettkonstruktion	69
7	Ausblick	71
	Anhang.....	72
	Literaturverzeichnis	93

1 Einleitung

Diese Diplomarbeit ist in Zusammenarbeit mit der Robert Bosch GmbH in Viersen entstanden. Die Bosch Gruppe ist ein international operierendes Technologie- und Dienstleistungsunternehmen, welches in den drei Bereichen Kraftfahrzeugtechnik, Industrietechnik sowie Gebrauchsgüter und Gebäudetechnik tätig ist. Das Werk in Viersen gehört zum Geschäftsbereich Industrietechnik / Verpackungstechnik. Wobei der Schwerpunkt des Standortes in der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Herstellungs- und Verpackungsmaschinen für die Süßwarenindustrie liegt.

Einen immer größeren Stellenwert nimmt dabei die Einzelverpackung von Gelee-Produkten ein. Das hat drei Hauptgründe, zum einen den wachsenden Absatzmarkt in Asien, wo Süßwaren aus klimatischen und hygienischen Gründen meist einzeln verpackt werden. Zum anderen entstehen durch Einzelverpackungen sehr gefragte Werbeflächen, die im Sinne von Marketing und Produktplacement genutzt werden. Ferner erschien am 27. Oktober 2006 die EU Richtlinie 1935/2004, diese besagt dass Lebens- und Futtermittel in allen Produktions-, Verarbeitungs- und Vertriebsstufen zurückverfolgbar sein müssen, um damit den Warenrückruf zu vereinfachen. Was letztlich eine Einzelverpackung von verschiedenartigen Produkten nach sich zieht.

Kundenwunsch ist, dass diese einzeln verpackten Gelee-Produkte für den Endverbraucher in einer bedruckten Schlauchbeutel-Verpackung eindeutig identifizierbar sind. Dazu ist eine Ausrichtung, mit vorheriger Lageerkennung, notwendig. An dieser Stelle setzt die folgende Diplomarbeit an.

Aufgabe ist die Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zur formatunabhängigen, vollautomatisierten Ausrichtung von Gelee-Produkten. Die Konstruktion soll so angelegt sein, dass sie zwischen einen Zuführsystem und der bestehenden Schlauchbeutelmaschine der Firma Bosch voll integrierbar ist.

2 Grundlagen

2.1 Gelee-Produkte

2.1.1 Zusammensetzung und Beschaffenheit

Im Allgemeinen auch als Gummitierchen bezeichnet, bestehen Gelee-Produkte hauptsächlich aus Zucker und Glukosesirup. Ihre gummiartige Konsistenz erhalten sie durch den relativ hohen Wassergehalt in der Masse (14 - 18%), der durch einen Quellstoff gebunden wird. Als Quellstoff dient meist Gelatine, aber auch modifizierte Stärke, Gummi arabicum (Harz eines bestimmten Akazienbaumes) oder Agar-Agar (tropische Algenart) wird eingesetzt. Für Aussehen und Geschmack kommen noch färbende Frucht- und Pflanzenkonzentrate, Aromen, Stärke und Zitronensäure hinzu.

Die Konsistenz der fertigen Gelee-Produkte reicht von weich-elastisch bis kaufest. Das ist abhängig von der Rezeptur der Masse und dem verwendeten Quellstoff. Außerdem gibt es eine Vielzahl von Produkten, die aus zwei oder mehr Phasen bestehen. Beispielsweise gefüllte Erzeugnisse oder mehrlagig gegossene Produktkombinationen mit Schaumzuckermasse und Lakritz.

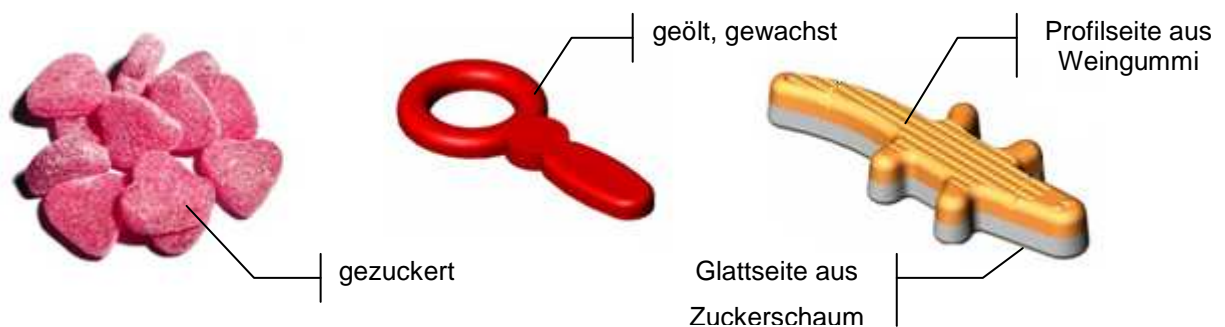


Abbildung 1: Beschaffenheit der Gelee-Produkte

Viele Gelee-Artikel sind auf ihrer Oberseite mit einem markanten Profil versehen. Die Unterseite hingegen ist immer glatt. Man spricht deshalb von einer Profilseite und einer Glattseite. Um ein Zusammenkleben der Gelee-Produkte zu vermeiden, werden Trennmittel wie kristalliner Zucker, pflanzliche Öle oder Bienenwachs eingesetzt. Mit Ölen und Bienenwachs wird zusätzlich eine glänzende Oberfläche erzeugt.

2.1.2 Formate

Ein Format beschreibt die genau definierte Form, Abmessung, Konsistenz und Oberflächenbeschaffenheit eines zu verpackenden Produktes. Bei Änderung einer Größe, beispielsweise der Oberflächenbeschaffenheit oder durch Wechsel des Trennmittels von Bienenwachs auf Zucker, handelt es sich bereits um eine Formatänderung, weil sich dadurch die Packbedingungen grundlegend ändern können.

Des Weiteren unterscheidet man zwischen Schütt- und Stückware. Alle Produkte in Tüten, Dosen oder ähnlichen Sammelverpackungen werden als Schüttware bezeichnet, Erzeugnisse für die Einzelverpackung als Stückwaren. Eine Differenzierung zwischen symmetrischen und asymmetrischen Produkten wird ebenfalls vorgenommen.

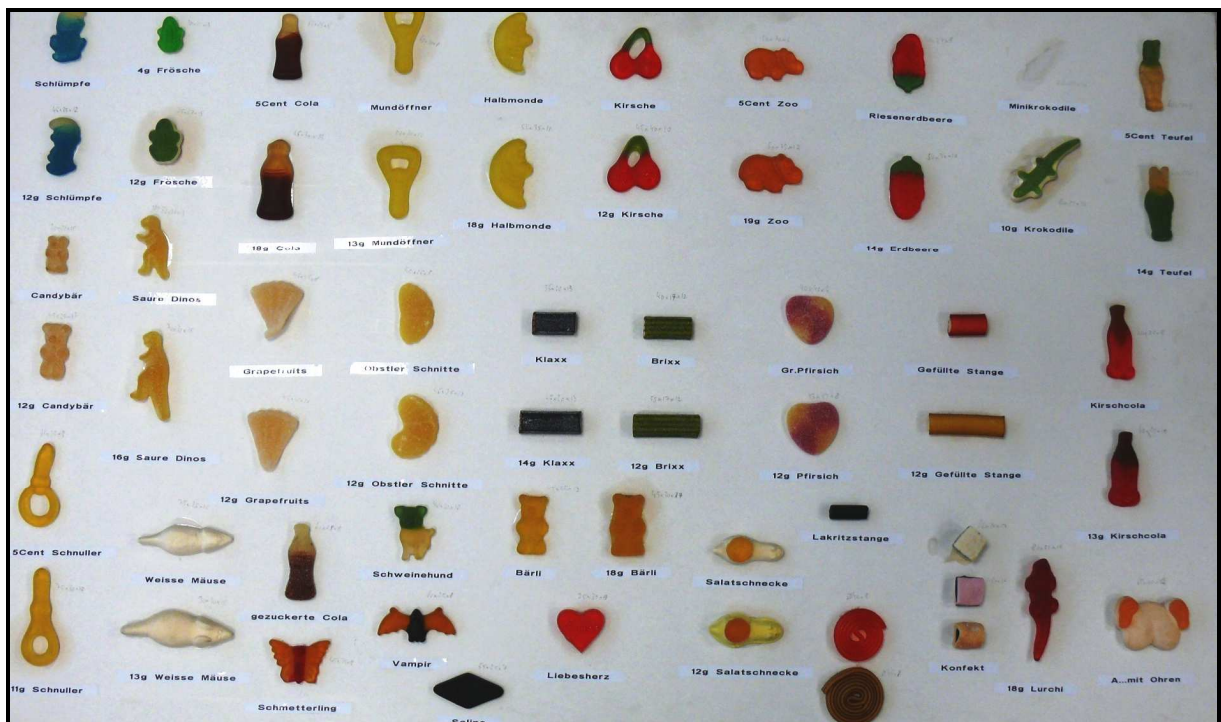


Abbildung 2: Verschiedene Formate

2.2 Verpacken

2.2.1 Die Verpackung

Die Verpackung ist eine lösbare Umhüllung des Produktes. Als Packgut bezeichnet man das verpackte Produkt. Die Umhüllung wird als Packmittel oder Packstoff deklariert. Verpackungen haben die Aufgabe, das Produkt vor Umwelteinflüssen wie Feuchtigkeit und Verunreinigungen, aber auch die Umwelt vor Schäden durch Zucker und Verkleben zu schützen. Eine weitere Funktion der Verpackung ist die Nutzung als Werbe- und Informationsträger.

Die Schlauchbeutelverpackung (auch „Pillowpack“ oder „Flowpack“ genannt) ist die am häufigsten eingesetzte Einzelverpackungsart. Allgemeinen besteht die Schlauchbeutelverpackung aus einem Packmittel mit einer Längssiegelnaht und zwei Quersiegelnahten. Die Vorteile der Schlauchbeutelverpackung sind die komplett versiegelten Nähte, sowie die Flexibilität in der Verpackungsgröße. So kann man ein kleines Produkt in einer großen Hülle verpacken und damit eine sogenannte „Mogelpackungen“ erzeugen.

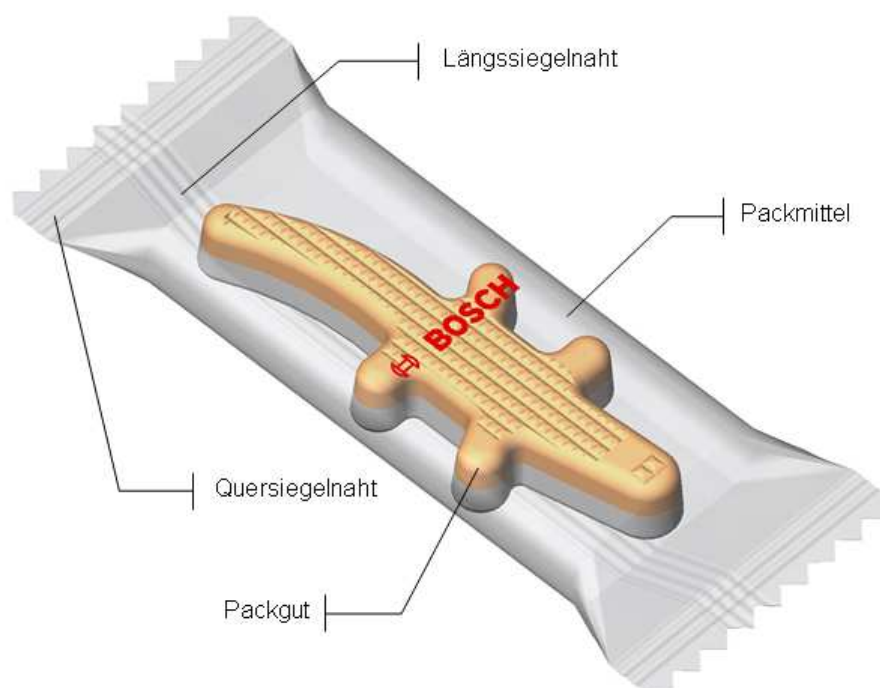


Abbildung 3: Schlauchbeutelverpackung (Modell)

2.2.2 Die Maschine

Zur Einzelverpackung von Gelee-Produkten werden ausnahmslos Schlauchbeutelmaschinen verwendet. Man unterscheidet zwischen horizontal und vertikal verpackenden Schlauchbeutelmaschinen.

Die Miniwrap BVK2000A (**B**onbon **V**erpackungsmaschine, **K**ontinuierlich) ist das Standardmodell von Bosch Packaging. Sie kann eine Leistung von bis zu 2000 Verpackungen pro Minute erzielen. Allerdings ist diese Stückzahl von Qualität, Größe und Form der zu verpackenden Produkte, sowie von der Qualität des Packstoffes abhängig. Sie arbeitet wie alle Schlauchbeutelmaschinen von der Robert Bosch GmbH in Viersen nach dem horizontalen Prinzip. Horizontal bezieht sich hierbei auf die Produktzuführung [7].

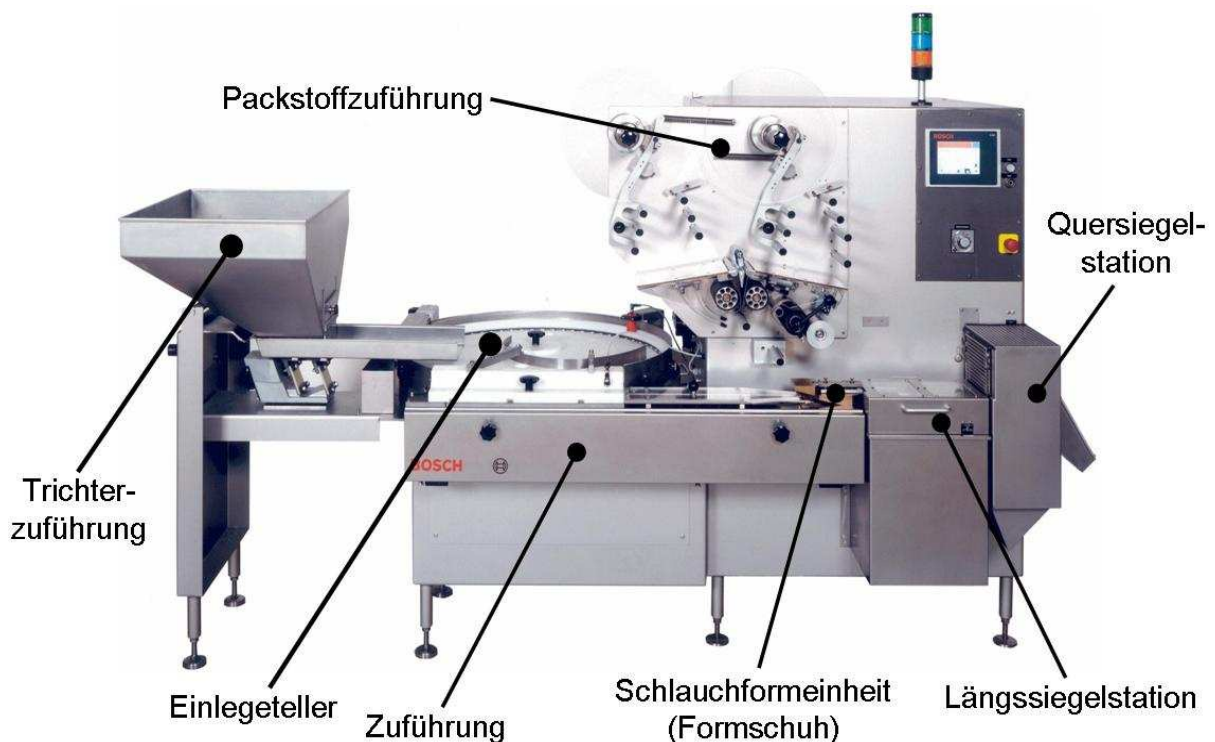


Abbildung 4: BVK2000

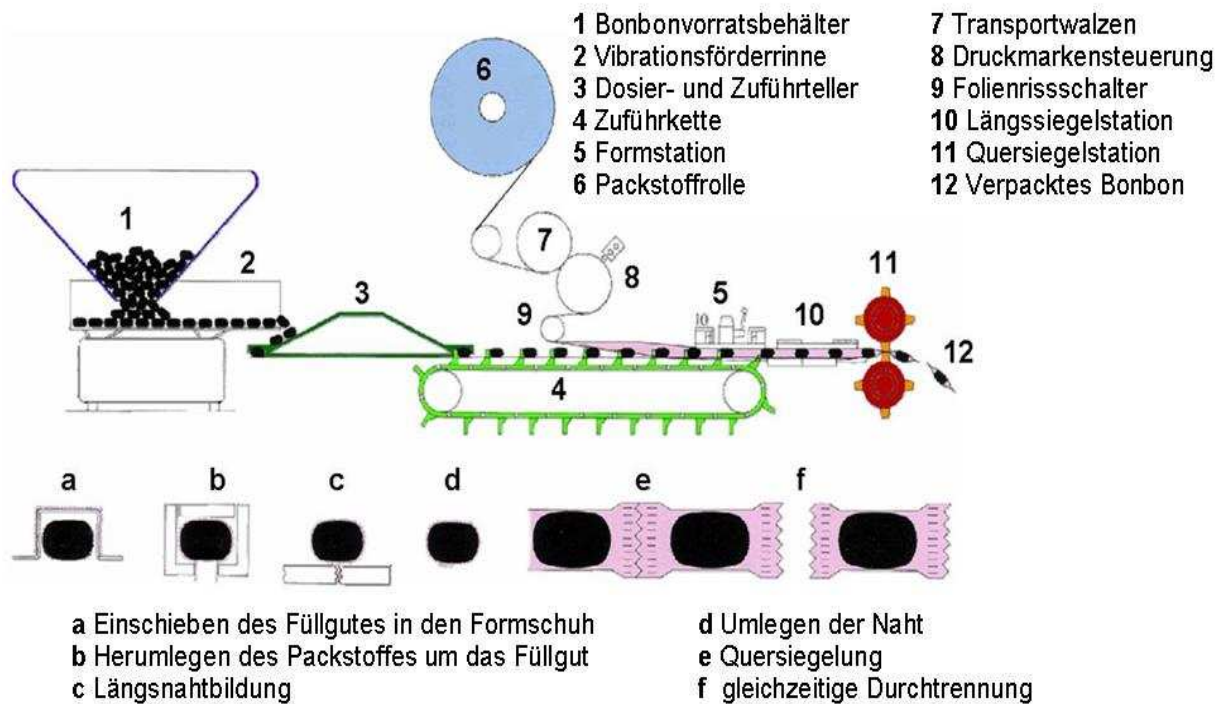


Abbildung 5: Funktionsprinzip einer BVK2000 anhand von Bonbons

Funktionsweise

Das Produkt wird in den Vorratsbehälter (1) geschüttet und anschließend durch eine Vibrationsförderrinne (2) auf den Dosier- und Zuführteller (Schrägscheibenförderer) (3) befördert. Infolge der Rotation des Schrägscheibenförderers (3) werden die Produkte nach außen getragen, vereinzelt und auf Prozessgeschwindigkeit gebracht. Mittels einer Übergabe werden die Produkte in die Zuführkette (4) übergeben, zur Formstation (5) transportiert und in den „Packstoffschlauch“ geführt.

Währenddessen ziehen Transportwalzen (7) Packstoffmittel von der Packstoffrolle (6) über eine Druckmarkensteuerung (8) und den Folienrisssschalter (9). Dieses wird in der Formstation / im Formschuh (5) zu einem „Schlauch“ geformt und in der Längssiegelstation (10) gesiegelt. Des Weiteren wird der „Packstoffschlauch“ von der Längssiegelstation (10) zur Quersiegelstation (11) befördert, wo er gesiegelt und durchtrennt wird [7].

2.3 Ausrichten

Als „Ausrichten“ wird in dieser Arbeit das Wenden und Drehen von Gelee-Artikeln in ihre korrekte Verpackungslage (Ausrichtung) bezeichnet.

Beim Einzelverpacken von Geleeprodukten mit einer Profilseite ist die richtige Verpackungslage entscheidend. Weil die profilierten Produkte vom Verbraucher auf den ersten Blick erkannt werden sollen, wird ein durchsichtiges Packmittel verwendet. Zusätzlich wird das Packmittel auf der Oberseite mit meist aufwendigem Werbedruck versehen. Die Unterseite mit der Längssiegelnaht enthält die Verbraucherinformationen.

Wird ein Produkt mit der Profilseite nach unten verpackt entsteht eine untypische Optik des Verpackungsbildes. Deshalb ist ein Ausrichten nach der Profilseite (wenden) des Gelee-Artikels erforderlich. Eine Ausrichtung nach der Kopf- und Fußseite (drehen) ist nur bei sehr speziellen Profilierungen und Werbedrucken von Bedeutung.



Abbildung 6: Falsche Verpackungslage (links, Modell), korrekte Verpackungslage (rechts)

3 Aufgabenanalyse

3.1 Marktanalyse

Die Marktanalyse zum Thema Ausrichten von Gelee-Produkten verlief fast ergebnislos. Es gibt gegenwärtig kein System, das Gelee-Produkte vollautomatisiert in alle Richtungen ausrichten kann. Lediglich Teillösungen bzw. Alternativen im Packmittelbereich bestehen bereits.

- **Handarbeit**

Das drehen und wenden der Produkte von Hand ist momentan die einzige Möglichkeit, Gelee-Produkte vollständig auszurichten. Dabei werden die Produkte in der fahrenden Zuführkette zur Verpackungsmaschine ausgerichtet. Aufgrund der menschlichen Reaktionsfähigkeit erreicht man einen maximalen Durchsatz von lediglich 80 Stück/min. Das entspricht einer Auslastung von ca. 7% der BVK2000.

Wegen des hohen Personalaufwandes kann dieses Verfahren nur in sogenannten Billiglohnländern durchgeführt werden. Das größte Problem ist aber die sehr geringe Maschinenauslastung.

- **Deltaroboter**

Die Firma Sigpack Systems AG bietet ein System zum Ausrichten und Einlegen für Gelee-Teile, das nach dem Pick & Place Prinzip arbeitet. Über ein breites Zuführband werden die nicht ausgerichteten Produkte dem Einlegesystem zugeführt. Das Einlegesystem besteht aus mehreren Deltarobotern, die zu einer Linie vereinigt sind. Jeder Roboter besitzt ein eigenes Kamerasystem, das nach dem Prinzip der Umrisserkennung arbeitet. Die damit detektierten Produkte werden einzeln mit einem Vakuumgreifer aufgenommen, bei Bedarf gedreht und in der Zuführkette der Schlauchbeutelmaschine abgelegt. Der Deltaroboter ist nicht in der Lage, die Produkte nach ihrer Profilseite auszurichten. Eine Linie die aus sechs Robotern besteht, erreicht einen Produktdurchsatz von ca. 600 Stück/min und ist sehr teuer in der Anschaffung.

- **Drei-Rand Siegelbeutel**

Der Drei-Rand Siegelbeutel für Gelee-Produkte ist eine Neuentwicklung der Firma Bosch und noch nicht am Markt etabliert. Es handelt sich um eine Variante des Schlauchbeutels. Die Drei-Rand Siegelung kann nach einer Modifizierung der Siegeleinheit auch auf einer BVK2000 erzeugt werden. Der Vorteil liegt in der seitlich angebrachten Längssiegelnaht. Dadurch entsteht keine festgelegte Ober- und Unterseite der Verpackung. Damit ist ein Ausrichten nach der Profilseite unnötig. Als Nachteil müssen die erhöhten Kosten durch die komplexere Siegeleinheit und der erhöhte Folienverbrauch genannt werden. Des Weiteren kann keine Seite komplett mit Werbedrucken versehen werden.

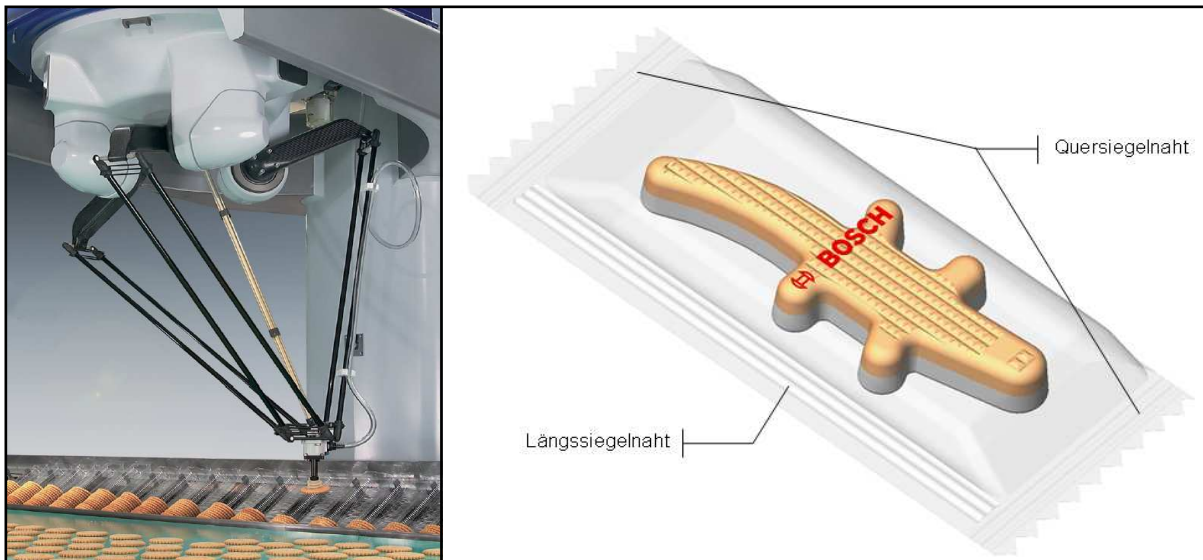


Abbildung 7: Deltaroboter, Drei-Rand-Siegelbeutel (Modell)

3.2 Marktlastenheft

Generell wird zwischen einem Kundenlastenheft und einem Marktlastenheft unterschieden. Das Kundenlastenheft wird in Zusammenarbeit mit einem Kunden erstellt, darin werden seine genauen Vorstellungen und Wünsche festgehalten.

Falls es keinen Kunden für ein Produkt gibt, es aber sinnvoll erscheint, das eigene Angebot um dieses Produkt zu erweitern, wird ein Marktlastenheft angelegt. Darin werden die Bedürfnisse des Marktes dokumentiert und es dient somit als Vorlage für die Entwicklung. Außerdem soll damit die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit genauer erörtert werden.

Folgendes Lastenheft orientiert sich am Marktlastenheft v.1 vom 05. Februar 2008 der Robert Bosch GmbH, Packaging Technology.

Aufgabenstellung

Die Entwicklung und Konstruktion eines Moduls zur Ausrichtung von Gelee-Produkten für die Einzelverpackung auf einer Schlauchbeutelmaschine.

3.2.1 Markt und Wettbewerb

• Begründung der Neuentwicklung

Wie bereits erwähnt, steigt die Nachfrage nach einzelverpackten Gelee-Produkten. Aus diesem Grund ist die Bosch Gruppe daran interessiert, ihre Produktpalette in diesem Bereich zu erweitern, um in Zukunft bei konkreten Kundenanfragen eine entsprechende Maschine bzw. eine Darstellung des Kostenaufwandes anbieten zu können.

• Marktanalyse

Eine Analyse des Marktes hat ergeben, dass Kunden vordergründig daran interessiert sind, Gelee-Produkte mit einer Profilseite werbewirksam in der Einzelverpackung zu platzieren.

Deshalb besteht großes Interesse an einer Ausrichtung nach der Profilseite (wenden) der Produkte. Die Bereitschaft der Kunden in eine Ausrichtung nach der Kopfseite (drehen) zu investieren, ist sehr viel geringer, da der erzielte Nutzen eher klein im Vergleich zu den Kosten erscheint.

Weiterhin besteht starkes Interesse daran, durch eine Automatisierung des Ausrichtens die Auslastung der nachgeschalteten Verpackungsmaschine zu steigern
Zielgruppe für das Produkt

Zielgruppe sind die großen Hersteller von Gelee-Produkten wie Haribo, Katjes, Mederer oder JellyBelly. Insbesondere Hersteller die in Ländern mit hohen Lohnkosten produzieren.

- **Marktpreis**

Einen akzeptierten Marktpreis für solch ein System gibt es bisher nicht, da keinerlei Referenzen vorhanden ist. Der Maximalpreis eines solchen Moduls ist vorerst bei 35000Euro (ohne Sensor) angesetzt.

- **Verkaufsprognosen**

Auch hier kann man keine zuverlässige Aussage treffen. Es wird aber damit gerechnet, dass ca. drei Maschinen pro Jahr verkauft werden können.

- **Markteinführung**

Die erste Felderprobung ist für das letzte Quartal 2010 geplant.

3.2.2 Ausführung und Realisierung

- **Verwendungszweck**

Ein Modul zum Ausrichten ist ausschließlich bei Gelee-Produkten mit einer Profilseite sinnvoll, die anschließend auf einer Schlauchbeutelmaschine verpackt werden.

Der Formatbereich sollte Produkte ab 40 mm bis 80 mm Länge abdecken bei einer Höhe von 5 bis 15 mm und einem Verhältnis Breite zu Länge $\geq 1:1,5$.

Des Weiteren muss es möglich sein, gefüllte und ungefüllte Produkte sowie alle üblichen Trennmittel auf der Anlage zu fahren.

- **Anforderungen an die Mechanik**

Ein solches System muss einen Minstdurchsatz von 500 Stück pro Minute erzielen und eine Lebenszeit von ca. 30.000 h erreichen, um einen entsprechend großen Vorteil gegenüber dem Einlegen von Hand zu erzielen.

Das Modul soll an bestehende vor- und nachgeschaltete Verpackungssysteme der Bosch Gruppe voll adaptierbar sein.

Es sollen möglichst Komponenten von Standardherstellern verwendet werden. (Bosch, Rexroth, Siemens)

- **Bedienbarkeit**

Die Bedienung sollte so einfach wie möglich und selbsterklärend sein. Das Modul hat im Idealfall keine eigene Bedieneinheit und ist über die Steuerung der BVK2000 bedienbar.

Reinigung:

Es muss eine Nassreinigung in allen Bereichen des Moduls möglich sein. Ein hoher Automatisierungsgrad (Cleaning In Place (CIP)) wird angestrebt.

- **Formatwechsel**

Die Anzahl der Formatteile und der zu verstellenden Parameter muss so gering wie möglich sein. Ein Formatwechsel sollte nicht länger als 30 Minuten dauern.

- **Wartung und Service**

Möglichst alle Teile sollten auf Lebensdauer geschmiert sein, um den Wartungsaufwand zu minimieren.

Es sollte sich an den üblichen Wartungsintervallen der BVK2000 orientiert werden, damit keine zusätzlichen Wartungstermine entstehen.

- **Schnittstellen**

Als vorgelagerte Einheit ist ein Transportband mit Systemen zur Sicherung des Mindestabstandes (Smart Belt, Schikanen) vorgesehen.

Die nachgeschaltete Einheit besteht aus einer Mitnehmerkette mit Smart Belts zur Gewährleistung des festgelegten Abstandes und einer BVK2000.

- **Vorschriften**

Das Modul muss den folgenden Richtlinien entsprechen:

EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EWG

EG-Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG

Schutzanforderungen im Sinne der EMV-Richtlinie (89/336/EWG) §4

- **Fazit**

Die Erstellung des Marktlastenheftes hat ergeben, dass lediglich ein Ausrichten in vertikaler Richtung (wenden) sinnvoll ist. Das Modul sollte eine Durchsatzmenge von mindestens 300 Stück erreichen, um die Entwicklungs- und Anschaffungskosten der Neukonstruktion zu rechtfertigen.

3.3 Anforderungsliste

Aus der Analyse des Marktlastenheftes und nach Absprachen mit den verantwortlichen Ingenieuren, kann man eine konkrete Anforderungsliste erstellen. Die Anforderungen an das Modul bestehen aus Forderungen (F), welche erfüllt werden müssen und den Wünschen (W), die erfüllt werden können.

	Nr.	F / W	Anforderung	Parameter	Bemerkung
Funktionale Anforderungen	1.	F	Wenden aller Produkte die auf ihrer Profilseite liegen		
	2.	F	Verarbeitung von Gellée-Produkten		
	4.	F	Verarbeitung von Gellée-Produkten mit verschiedenen Trennmitteln	Trennmittel: Wachs, Öl, Zucker	
	5.	F	Verarbeitung Produkte bis Abmessung maximal (LxBxH)	(80x25x15)mm	
	6.	F	Funktionsgewährleistung bis zu einer Durchsatzmenge von n	n = 300 - 600 Stück/min	
	7.	F	Einfache Umstellung auf andere Formate		
	8.	F	Produktbeschädigung muss vermieden werden		thermische und mechanische Einwirkung
	9.	F	Lebensdauer L	L = 30000 h	
Strukturelle / Gestaltungstechnische Anforderungen	10.	W	Fertigungsgerechte Konstruktion		
	11.	W	Modulare Bauweise / Nach- bzw. Umrüstbar		
	12.	F	Adaptierbarkeit des Moduls an bestehende Verpackungseinheiten		
	13.	W	Platzsparende Bauweise		
	14.	F	Umgebungsbedingungen der Maschine	Temperaturbereich: 5°C-35°C Luftfeuchtigkeit: 30% bis 60% Höhenlage: Bis 1000m über NN	Bosch
	15.	F	Hygieneanforderungen an Maschinen und Anlagen in der Süßwarenindustrie	VDMA 94	siehe Anhang
	16.	F	Einhaltung der Arbeitsschutzrichtlinien		
	17.	W	Einfache Montage und Reparatur		
	18.	W	Einfache Reinigung	Nassreinigung	
	19.	F	Einfache Bedienung		
	20.	W	Verwendung von Komponenten von Standardherstellern	Bosch, Rexroth, Siemens	
	21.	W	Verwendung von Wiederholteilen		
	22.	F	Allgemeingültige Maschinenrichtlinien		

Tabelle 1: Anforderungsliste

3.4 Problemanalyse

3.4.1 Abstraktion der Aufgabenstellung

In Abbildung 8 ist die Aufgabenstellung auf ihre Kernfunktion reduziert. Die Eingangs- und Ausgangsgrößen beschränken sich auf die abstrahierte Kernfunktion. Die Abstraktion dient als Ausgangspunkt der weiteren Problemanalyse [2].

Das eingehende Sensorsignal der Lageerkennung ist zurzeit technisch noch nicht realisierbar. Es wird in dieser Arbeit als gegebenes und fehlerfrei arbeitendes System angesehen.

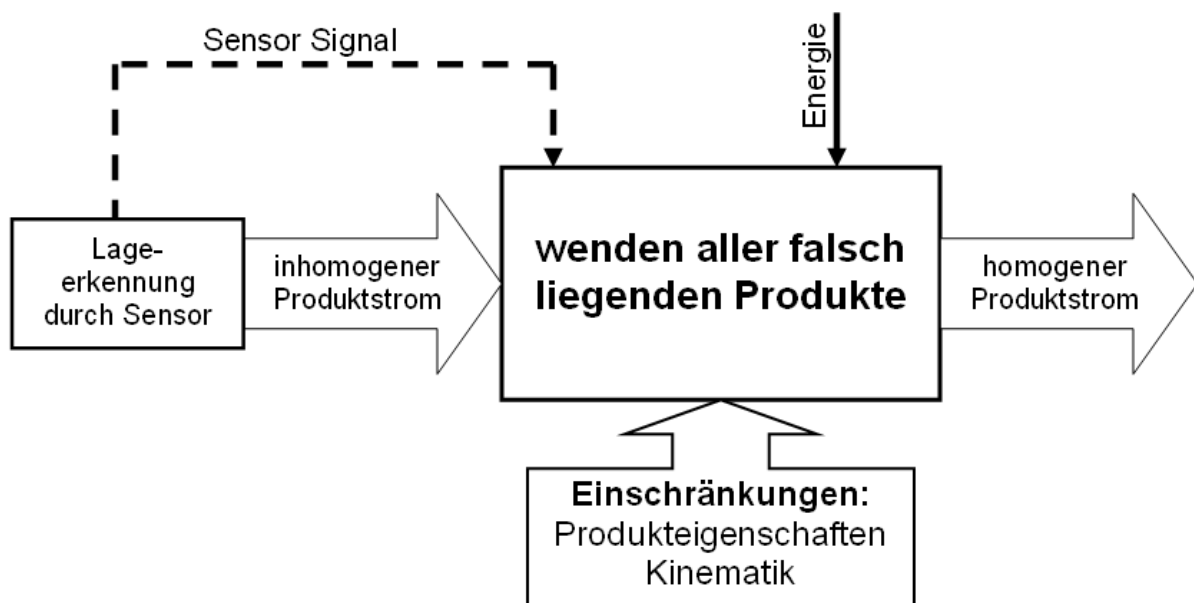


Abbildung 8: Abstrahierte Aufgabenstellung

Aus Abbildung 8 lässt sich eine erste Funktionsstruktur ableiten (Abb. 9). Es kristallisiert sich ein Funktionskern heraus, der die Grundlage aller weiteren Betrachtungen bildet.

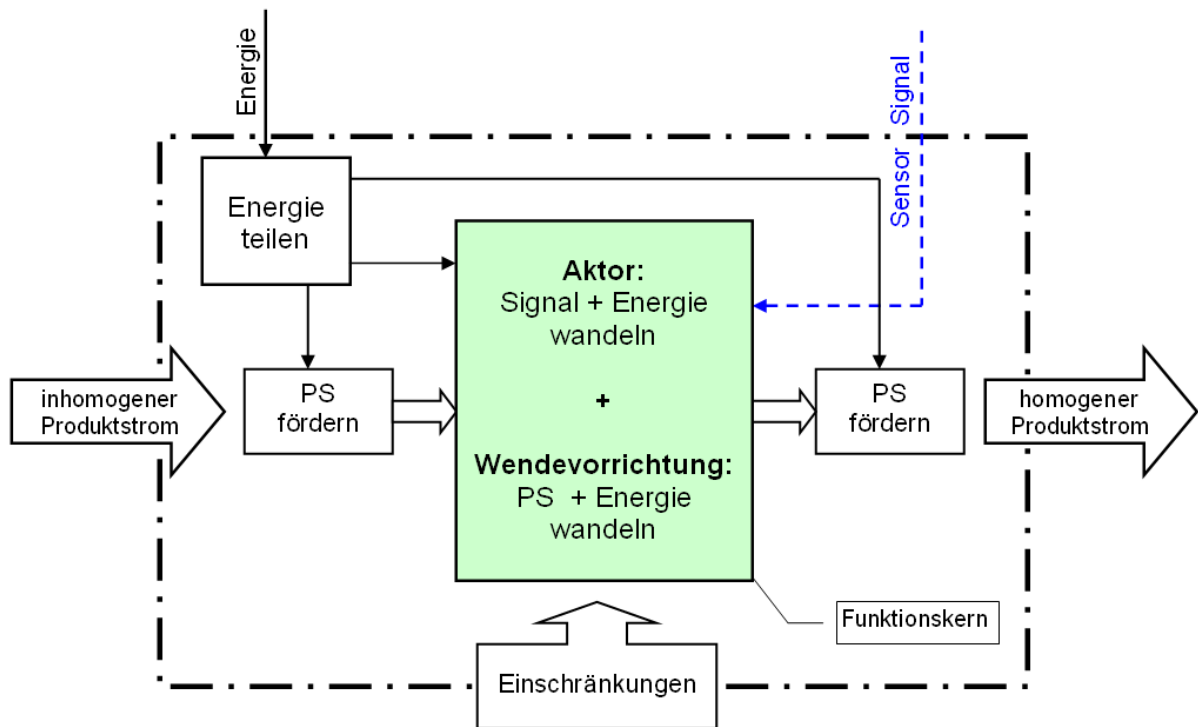


Abbildung 9: Allgemeine Funktionsstruktur mit Funktionskern

3.4.2 Ausgangslage

Der zugeführte Produktstrom (PS) besteht aus Geleeproducten des Selben Formates, die in variierendem Abstand zueinander positioniert sind. Der Mindestabstand beträgt 120 mm, ein maximaler Abstand kann nicht festgelegt werden. Die Produkte richten sich immer mit ihrer langen Seite parallel zum Transportband aus. Es bestehen somit vier Lagemöglichkeiten.

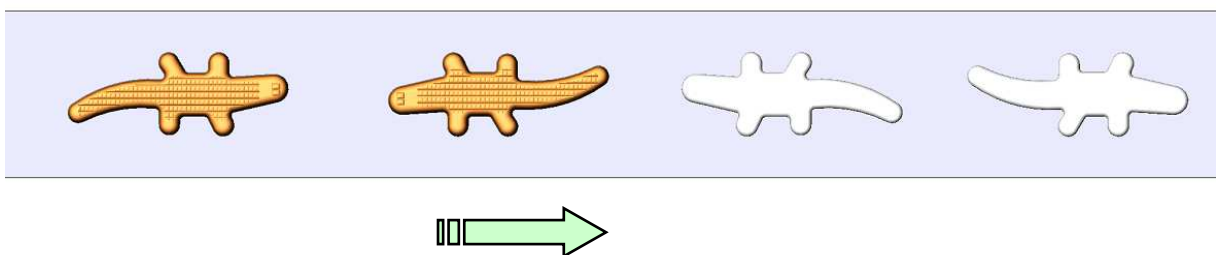


Abbildung 10: Zufürlagen

Eine Ausrichtung mit der Profilseite nach oben ist für die Verpackung auf einer Schlauchbeutelmaschine anzustreben. Liegen alle Produkte mit der Profilseite nach oben, spricht man von einem homogenen Produktstrom. Ist das nicht der Fall (Abb...) von einem inhomogenen Produktstrom.

3.4.3 Einschränkungen durch Produkteigenschaften

- **Konsistenz**

Ein großes Problem bei der Weiterverarbeitung von Gelee-Produkten ist deren weich-elastische Konsistenz. Schon bei geringer Krafteinwirkung kommt es zu unvorhersehbaren elastischen und plastischen Verformungen jeder Art um alle drei Achsen des Produktes.

Eine zuverlässige Bestimmung von Werkstoffkennwerten, wie dem E-Modul, ist bei Gelee-Produkten nicht möglich. Weil diese Werte stark abhängig sind von der Temperatur und Feuchtigkeit der Umgebung, sowie der Zusammensetzung und der Restfeuchtigkeit der jeweiligen Produkte. Die genannten Größen unterliegen starken Schwankungen (siehe 3.3. Punkt 14).

Aufgrund dieser weich-elastischen Konsistenz muss vermieden werden, die Produkte auf Scherung zu beanspruchen. Auch kann es zu unkontrollierten Anhäufungen kommen, wenn man Gelee-Artikel auf Stau fährt. Die Beeinträchtigung der Produkte durch Druck- und Zugbelastung ist zu vernachlässigen. Die dadurch entstehenden elastischen Verformungen können aber zu einer Behinderung des Prozesses führen.

- **Oberflächenbeschaffenheit**

Die Oberflächeneigenschaften (Klebrigkeit, Reibwert) der Gelee-Artikel sind abhängig von ihrer Zusammensetzung, dem verwendeten Trennmittel, den Umgebungsbedingungen und der Restfeuchte der Produkte. Das führt zu einer trockenen, stumpfen bis feucht klebrigen Oberfläche. Zusätzlich wirken Adhäsionskräfte zwischen dem glatten Transportband und den Gelee-Artikeln. Diese Kräfte können auf der Flachseite relativ hoch sein. Auf der Profilseite treten aufgrund der Profilierung kaum Adhäsionskräfte auf.

Durch diese Eigenschaften kommt es zu unvorhersehbaren Wechselwirkungen zwischen Produkt und Maschinenbauteilen, die weder konstant noch quantitativ bestimmbar sind und ein direktes Einwirken von Kräften beeinflussen.

- **Produktabrieb**

Infolge von Relativbewegungen zwischen Produkt und Bauteilen und der hohen Verarbeitungsgeschwindigkeit der Gelee-Artikel kommt es zum Abrieb der Trennmittel.

Das kann bei Ölen schon nach kurzer Zeit dazu führen, dass sich ein schmieriger Film auf dem Transportband bildet. Dies führt zu veränderten Reibwerten zwischen Produkt und Transportband. Wirken hohe Beschleunigungen auf die Produkte, kann es zu einem Verrutschen kommen.

Wird Zucker als Trennmittel eingesetzt, ist es wichtig, dass im Produktbereich möglichst wenig bewegte Teile und Mechanismen verwendet werden, da der Zucker zu einem erhöhten Verschleiß bzw. zum Verkleben der Mechanismen führt.

3.4.4 Einschränkungen durch kinematische Probleme

- **Schaltzeiten des Aktors**

Der zugeführte Produktstrom besteht, laut Wahrscheinlichkeitstheorie, im Idealfall zu je 50% aus richtig und falsch liegenden Produkten. Auch eine Verteilung von 100% zu einer der Seiten, ist für einen gewissen Zeitraum theoretisch möglich. Der vom Sensor angesteuerte Aktor muss also in der Lage sein, bis zu 600 Aktionen pro Minute auszuführen, ohne im Dauerbetrieb durch auftretende Wärmeeinwirkung nennenswert an Genauigkeit zu verlieren.

Für diese Anforderungen kommen als Aktor nur Druckluft, Schlagmagnete, Linear-Direkt-Antriebe oder Servomotoren in Frage. Aufgrund der hohen Kosten der Druckluftherzeugung und den technischen Beeinflussungen durch ein starkes Magnetfeld, werden Druckluft und Schlagmagnete bei Bosch in Viersen nicht eingesetzt. Als Aktor kommt daher nur ein Servomotor oder Linear-Direkt-Antrieb in Frage.

- **Beschleunigung**

Aus den hohen Durchsatzmengen resultieren hohe Beschleunigungen die einerseits für Probleme bei der Wahl eines Aktors sorgen, andererseits können sie sich negativ auf die Produkte auswirken. Wirkt eine hohe Beschleunigung in horizontaler Richtung auf ein Produkt, kann es zu einer unkontrollierten Bewegung kommen – es “fliegt” davon. Bei einer Beschleunigung von über $9,81 \text{ m/s}^{-2}$ vertikal nach oben hebt das Produkt ab.

- **Relativbewegung**

In dieser Arbeit wird von einer Relativbewegung gesprochen, wenn sich das Produkt relativ zum Transportmittel oder einem anderen Bauteil bewegt. Im Idealfall verharren die Produkte bewegungslos auf dem Transportmittel, da durch die Produkteigenschaften im Zusammenhang mit einer Relativbewegung Probleme entstehenden können. Zum einen kann das zu Produktabrieb und Produktbeschädigung führen, aber auch die Gefährdung der Prozesssicherheit oder der Anlage selbst.

- **Relativgeschwindigkeit**

Die Relativgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit des Produktes relativ zum Transportmittel oder eines anderen Bauteils. Neben den bereits erwähnten Problemen durch Relativbewegung und Produkteigenschaften kann es zu einem Stauen der Produkte kommen. Ist die Differenz zwischen Bandgeschwindigkeit und absoluter Produktgeschwindigkeit zu groß, reicht die Haftreibung zwischen Band und Produkt nicht mehr für einen sicheren Weitertransport.

4 Entwicklung von Lösungsvarianten

4.1 allgemeine Lösungsansätze

Aus der weiteren Auflösung der Abbildung 9, erhält man zwei allgemeine Lösungsansätze. Diese unterscheiden sich grundlegend in der Arbeitsweise der Wendevorrichtung und dem daraus resultierenden Ansatzpunkt des Aktors.

4.1.1 Ansatz 1 - kontinuierlich wenden

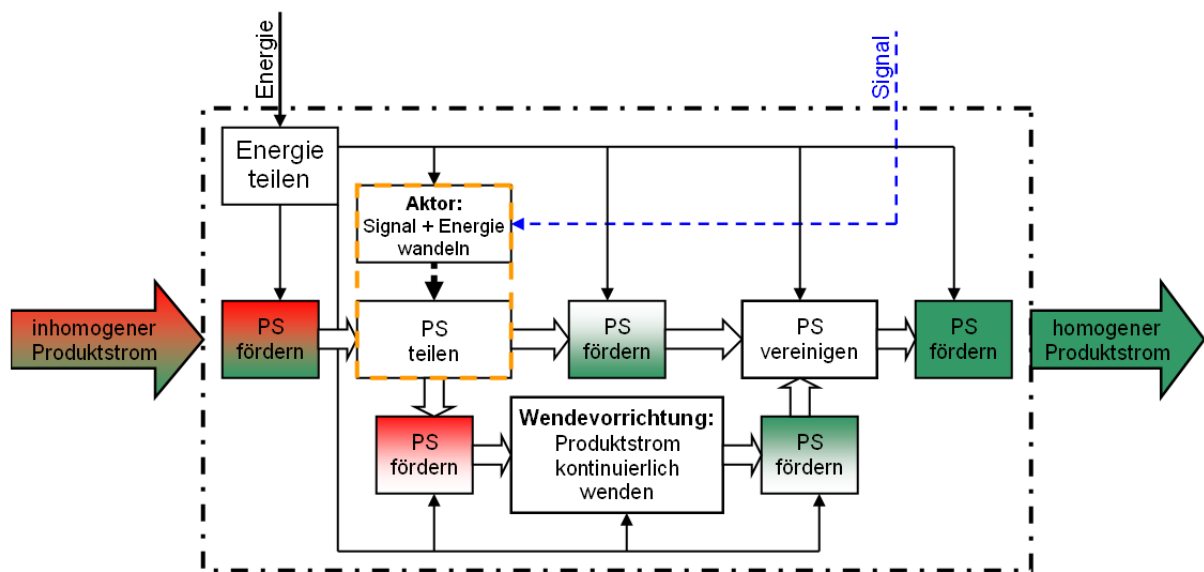


Abbildung 11: Funktionsstruktur kontinuierlich wenden

Bei Ansatz 1 - kontinuierlich wenden, wird der inhomogene Produktstrom in einen zu wendenden und einen nicht zu wendenden Teilstrom getrennt. Der sensorgesteuerte Aktor wirkt, im Zusammenspiel mit einem Mechanismus, als Produktstromteiler. Der isolierte Teilstrom wird einer kontinuierlich und ohne Steuerung arbeitenden Wendevorrichtung zugeführt. Die Teilströme werden anschließend zu einem homogenen Produktstrom vereinigt und zu den nachgeschalteten Systemen hingeführt.

Der Vorteil dieses Lösungsansatzes liegt in der kontinuierlich arbeitenden Wendevorrichtung. Diese muss vom Aktor nicht angesteuert werden, da ihr nur zu wendende Produkte zugeführt werden. Das ermöglicht den Einsatz eines einfachen Wendemechanismus.

Als Nachteil muss die hohe Anzahl an Komponenten (Teilen, Wenden, Zusammenführen) genannt werden. Zudem ist das Trennen und Zusammenführen des Produktstromes aufgrund der Kinematik und der Produkteigenschaften, problematisch.

4.1.2 Ansatz 2 - diskontinuierlich wenden

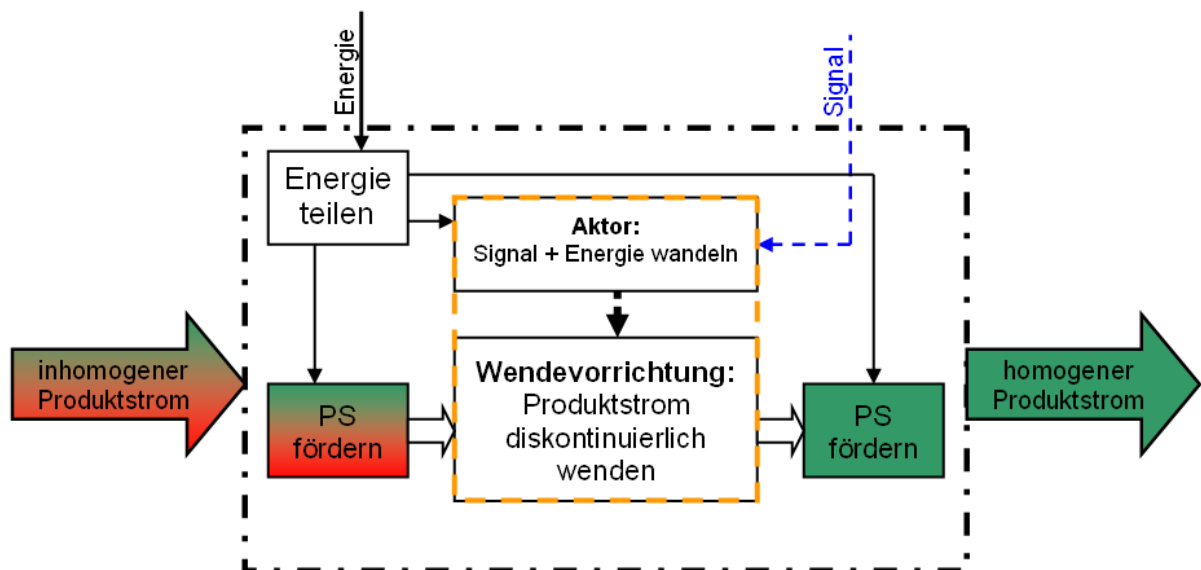


Abbildung 12: Funktionsstruktur diskontinuierlich wenden

Der Ansatz 2 – diskontinuierlich wenden, besteht im Wesentlichen aus einer diskontinuierlich arbeiteten Wendevorrichtung und dem sensorgesteuerten Aktor. Der Wendemechanismus wird vom Aktor gesteuert und nur dann ausgelöst, wenn ein zu wendendes Produkt die Vorrichtung passiert.

Der Vorteil des Lösungsansatzes ist die geringe Anzahl an Komponenten.

Der Nachteil liegt in dem komplexen Mechanismus, der nötig ist, um ein diskontinuierliches Wenden bei hohen Geschwindigkeiten zu ermöglichen.

4.2 Lösungsansatz 1 - kontinuierlich wenden

4.2.1 Funktionsgruppen charakterisieren

Bei Betrachtung der Abbildung 11 wird deutlich, dass es durch die Vielzahl an Komponenten von Vorteil ist, die Funktionsstruktur in einzelne Funktionsgruppen aufzuteilen.

- **FK 1 - Produktstrom teilen**

Das Teilen des Produktstromes ist die wichtigste Funktionsgruppe beim Einsatz einer kontinuierlichen Wendevorrichtung. Sie dient zum Separieren der zu wendenden Teile und wird vom Aktor gesteuert.

- **FK 2 - Produktstrom zusammenführen**

Beim Vereinigen der beiden Teilströme kann man zwischen einem aktiven und einem passiven Zusammenführen unterscheiden.

Das aktive Zusammenführen basiert auf der Verwendung eines zusätzlichen Aktors, der vom Sensorsignal oder von zusätzlichen Positionsmeldern gesteuert wird.

Beim passiven Zusammenführen werden die beiden Teilströme nach dem Reißverschlussprinzip vereinigt, ohne den Einsatz zusätzlicher Aktoren oder Sensoren.

- **FK 3 - kontinuierlich wenden**

Die Funktionsgruppe 3 beinhaltet die eigentliche Wendevorrichtung, die kontinuierlich arbeitet und nicht zwischen zu wendenden und nicht zu wendenden Produkten unterscheiden muss.

4.2.2 Patent- und Internetrecherche zu den Funktionsgruppen

Um die Suche nach Teillösungen für die Funktionsgruppen zu vereinfachen, wird eine Patent- und Internetrecherche durchgeführt. Zur Patentrecherche wird die Internetseite des Deutschen Marken- und Patentamtes (www.depatist.net) genutzt [19]. Zusätzlich wird im Internet nach Firmen gesucht, welche die jeweiligen Komponenten anbieten.

Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die gefundenen Patente. Darin befinden sich die Suchbegriffe und die Veröffentlichungsnummern, die einen direkten Zugriff auf das Patent ermöglichen. Alle verwendeten Patente sind abgelaufen und verletzen so keine geschützten Patentansprüche.

4.2.2.1 FK 1 – Produktstrom aufteilen

Suchbegriff	Veröffentlichungs- Nummer			Name	Detaillierung
Aufteilen Produktstrom	DE	10 2004 053 160	A1	Rutschteiler	
Vorrichtung Aufteilen	DE	20 2006 013 691	U1	Gassenverteiler / Weiche	
Vorrichtung Aufteilen	AT	242 042	B	Aufteilen von Formstücken	
Vorrichtung Aufteilen	EP	1 927 561	A1	mitlaufender Schieber	x
Vorrichtung Aufteilen	AT	395 302	B	Aufteilen eines Schuppenstromes	
Vorrichtung Aufteilen	AT	273 811	B	Aufteilen unsymmetrischer Gegenstände	
Vorrichtung Umordnen	DE	33 38 068	A1	Pull Nose	x
Vorrichtung Umlenken	EP	1 681 250	B1	Bewegliche Leitblech	x

Tabelle 2: Patentrecherche FK 1

- **EP 19 27 561 A1 - mitlaufender Schieber**

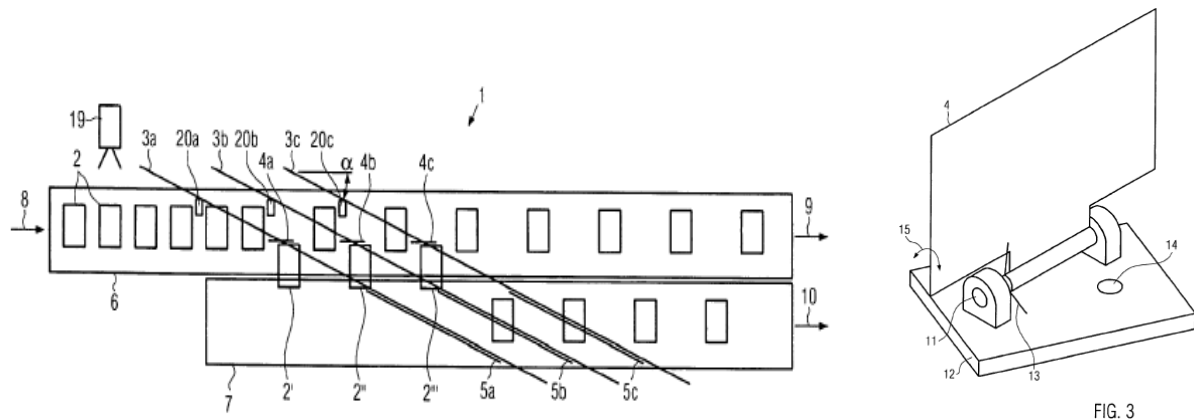


FIG. 1

FIG. 3

Abbildung 13: Funktionsprinzip Patent EP 19 27 561 A1

Das Patent betrifft eine Vorrichtung zum Aufteilen eines Stromes aus Gegenständen auf zwei parallel nebeneinander verlaufende Produktströme. Die zur Trennung des Stromes erforderliche Querbewegung, wird durch schräg zur Förderrichtung verlaufende Schieber realisiert. Durch die Schräganordnung der Schiebevorrichtung kann der Schieber in Förderrichtung mitlaufen und gleichzeitig eine Querbewegung ausführen. Der Winkel der Schieberbevorrichtung ist abhängig von der Fördergeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der Querbewegung [12].

Als Teillösung für die Funktionsgruppe 1 ist dieses Prinzip durchaus denkbar, da durch das Schrägstellen der Schiebevorrichtung auch hohe Fördergeschwindigkeiten ohne Produktstau umsetzbar sind. Aufgrund der variierenden Produktabstände kann das Ansteuern der Schiebevorrichtung durch das Sensorsignal und die auftretenden Querbewegungen zu Problemen führen.

- EP 1 681 250 B1 – bewegliches Leitblech

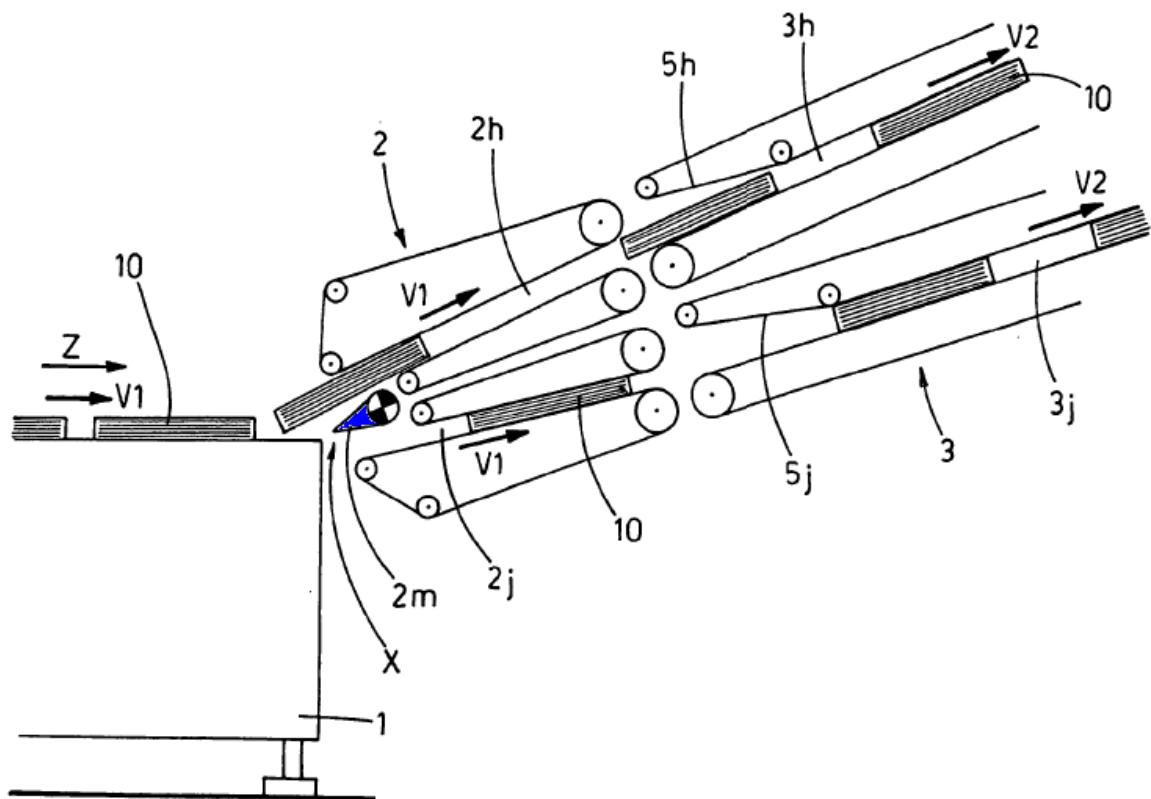


Abbildung 15: Funktionsprinzip Patent EP 1 681 250 B1

Die in diesem Patent beschriebene Vorrichtung teilt einen Produktstrom mit Hilfe eines flossenähnlichen Leitbleches in zwei Teilströme auf. Das Leitblech lässt sich zwischen zwei Punkten hin und her schwenken. Je nach Stellung der Flosse, werden die Produkte nach oben oder unten abgeleitet [14].

Dieses Prinzip bietet eine einfache Möglichkeit zum Aufteilen eines Produktstromes. Bei einem Produktstrom aus Gelee-Artikeln muss die Flosse jedoch mit einem angetriebenen Transportband versehen werden.

- **Vollautomatisches Verteilersystem der Firma SCHREYER**

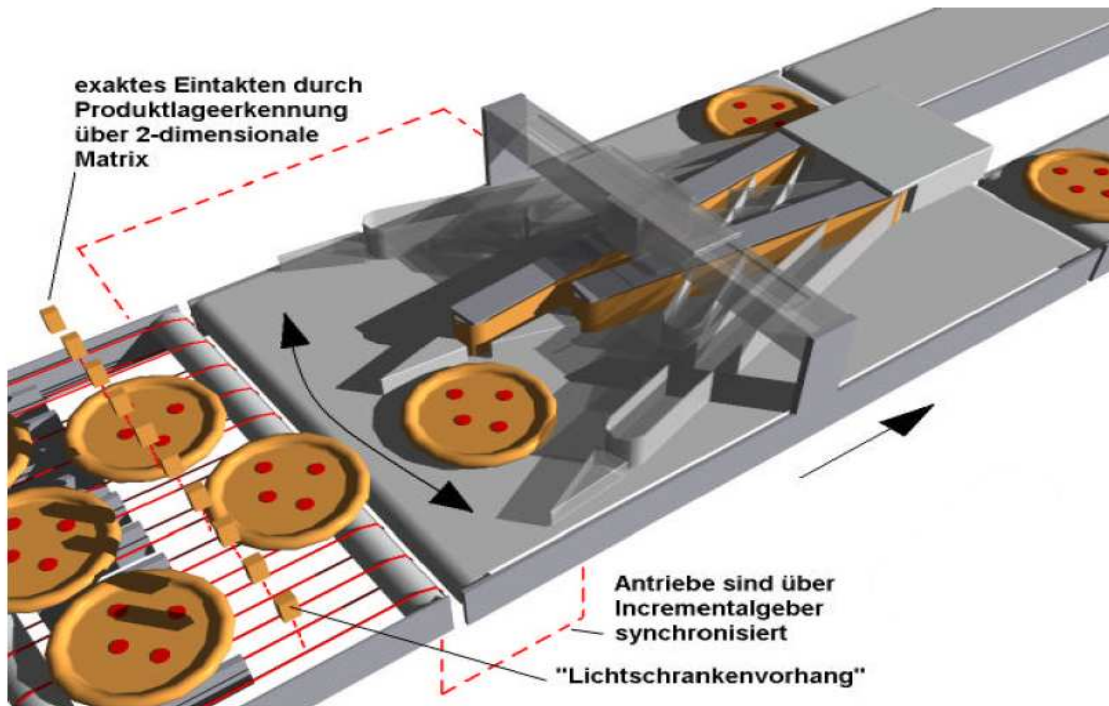


Abbildung 16: Vollautomatisches Verteilersystem der Firma SCHREYER

Mit diesem Verfahren lassen sich ungeordnete Produktströme unter Nutzung einer Weiche gezielt auf zwei Bahnen verteilen. Als Stellglied dient ein Flossenarmpaar, welches schwenkbar auf einem breiten Transportband angebracht ist. Zusätzlich sind Führungsbänder an den beiden Flossenarmen angebracht, um ein schnelles Ableiten der Produkte zu sichern. Die Schwenkbewegung wird durch einen Servomotor realisiert, der über Lichtschranken gesteuert wird [7].

Ein solches System würde bei der Fa. Schreyer ca. 12 000 Euro kosten, was für die Realisierung einer einzelnen Funktionsgruppe inakzeptabel ist, zumal die maximale Leistung bei lediglich 200 Stück/min liegt und damit die Forderung von 300 bis 600 Stück/min nicht erfüllt. Das Funktionsprinzip einer Weiche als Verteilersystem bleibt aber eine mögliche Lösungsvariante.

4.2.2.2 FK 2 – Produktstrom vereinigen

Suchbegriff	Veröffentlichungs- Nummer			Name	Detaillierung
Vorrichtung Vereinigen	DE	295 03 014	U1	passiver Linienvereiniger	x
Vorrichtung Vereinigung	DE	35 28 287	C1	Schuppenstrom Vereiniger	
Vorrichtung Vereinigen	DE	12 85 376	A	Trommelschieber	
Vorrichtung Vereinigen	DE	82 16 104	U1	Reißverschluss Vereiniger	
Zusammenführen	DE	202 01 419	U1	...	
Zusammenführen	DE	44 32 026	A1	kollinearer Rutschvereiniger	

Tabelle 3: Patentrecherche FK 2

• DE 295 03 014 U1 - passiver Linienvereiniger

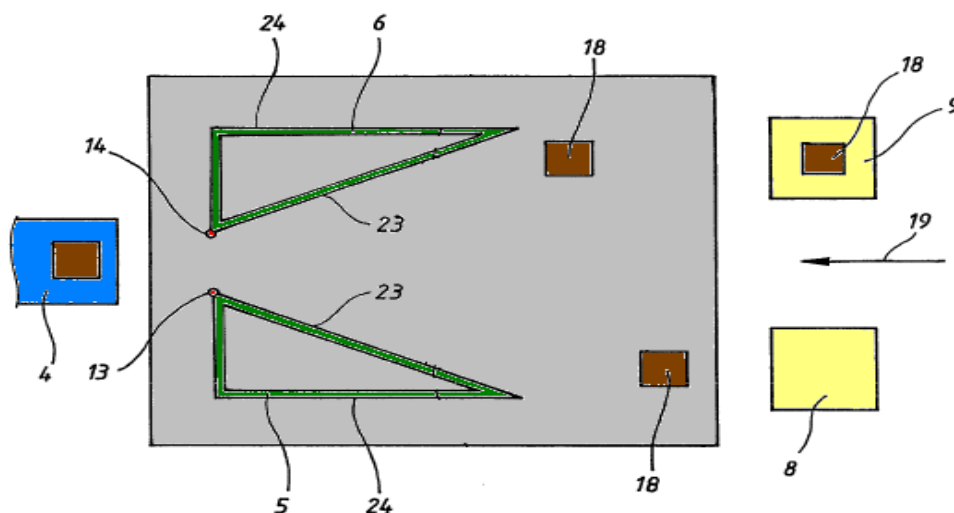


Abbildung 17: Funktionsprinzip Patent DE 295 03 014 U1

Bei diesem Patent handelt es sich um einen passiven Linienvereiniger, der zwei parallel nebeneinander verlaufende Produktströme (gelb) zu einem gemeinsamen zusammenführt (blau). Die Produkte müssen seitlich versetzt der Führungseinrichtung (grün) zugeführt werden, um einen Produktstau zu verhindern. Die Förderbewegung wird durch ein breites Transportband (grau) realisiert. Zusätzlich sind umlaufende Führungsbänder an der Führungseinrichtung angebracht [15].

Das Funktionsprinzip scheint als Teillösung geeignet, da der geforderte Versatz zwischen den Produkten immer vorhanden ist.

4.2.2.3 FK 3 – kontinuierlich wenden

Suchbegriff	Veröffentlichungs-Nummer			Name	Detaillierung
Vorrichtung Wenden	AT	376 630	B	Bogenförmige Wendevorrichtung	x
Vorrichtung Wenden	DE	1 997 178	U	Wenderutsche	x
Vorrichtung Wenden	DE	20 2008 002 349	U1	spiralförmige Wendestrecke	
Vorrichtung Wenden	DE	40 10 330	A1	verdrehtes Endlosband	x
Vorrichtung Wenden	DD	255 434	A3	Wenderad	

Tabelle 4: Patentrecherche FK 3

• AT 376 630 B – Bogenförmige Wendevorrichtung

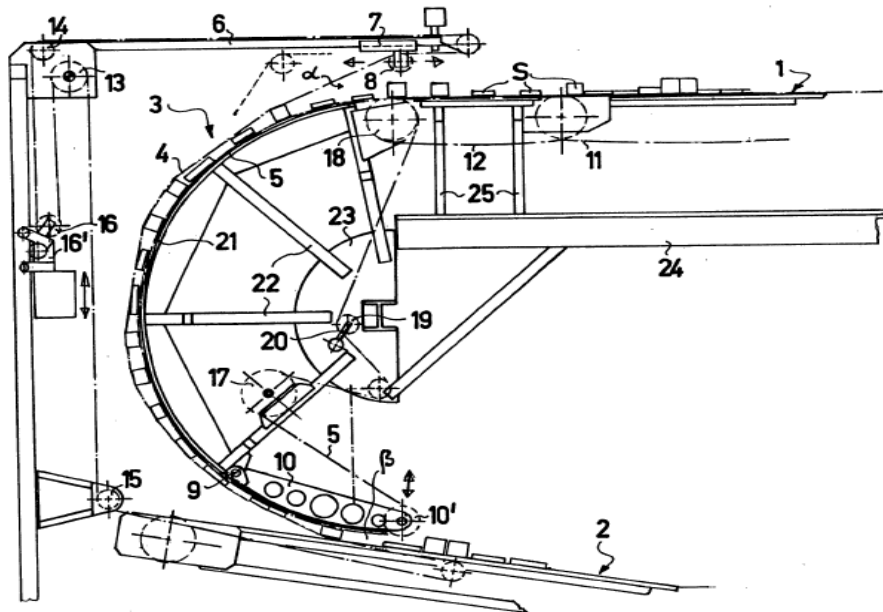


Abbildung 18: Funktionsprinzip Patent AT 376 630 B

Das Patent betrifft eine Vorrichtung zum Wenden von Stückgütern mit variierenden Abmessungen. Über zwei bogenförmige Förderbahnen werden die zwei Transportbänder unterschiedlicher Höhenlage miteinander verbunden. Die zu wendenden Produkte werden während der Aufwärtsbewegung zwischen den beiden Förderbahnen geklemmt. Während dem Wendeprozess wird die Förderrichtung umgekehrt [16].

Das Prinzip des Wenden über Kopf scheint als Teillösung geeignet, gerade weil es unempfindlich gegenüber variierenden Produktabständen und -abmessungen ist.

- DE 19 97 178 U - Wenderutsche

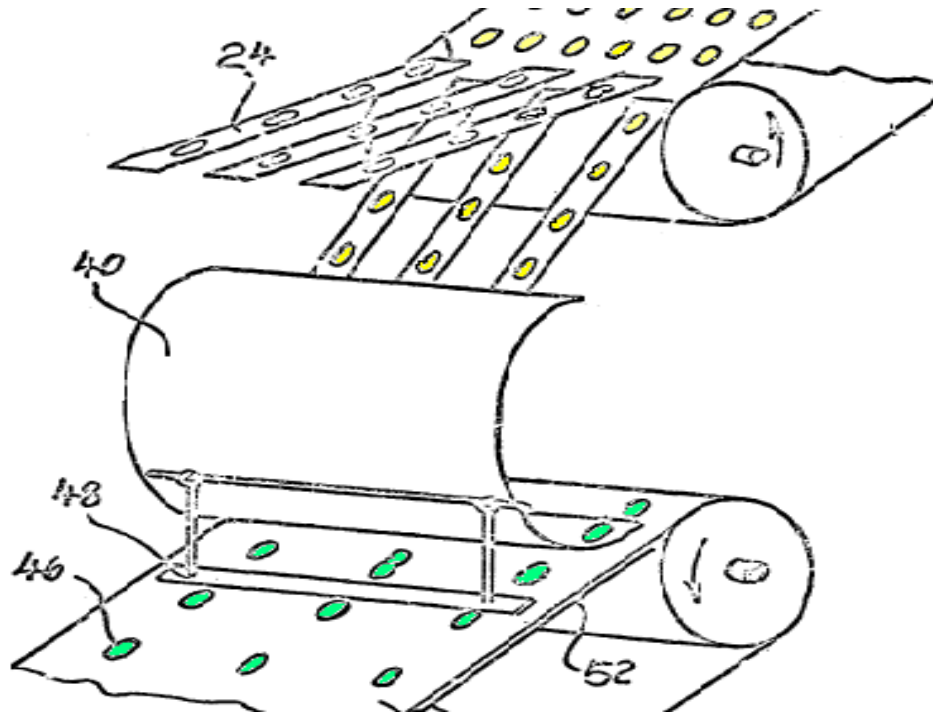


Abbildung 19: Funktionsprinzip Patent DE 19 97 178 U

Dieses Patent zeigt ein System zum kontinuierlichen Wenden von Biskuit. Der vorher abgetrennte Produktstrom wird in mehreren Reihen nebeneinander der Wendevorrichtung zugeführt. Diese besteht im Wesentlichen aus einer Rutsche, die so geformt ist, dass sie das herabfallende Biskuit an ihrem unteren Rand erfasst und in die entgegengesetzte Richtung mitnimmt. In gewendeter Lage werden die Biskuits auf einem Transportband abgelegt und in der ursprünglichen Richtung abtransportiert [17].

Der Einsatz einer Rutsche zum Wenden eines Produktstromes ist als Lösung vorstellbar, da eine Rutsche unabhängig vom Format und Produktabständen arbeitet.

• **DE 40 10 330 A1 – gekreuztes Endlosband**

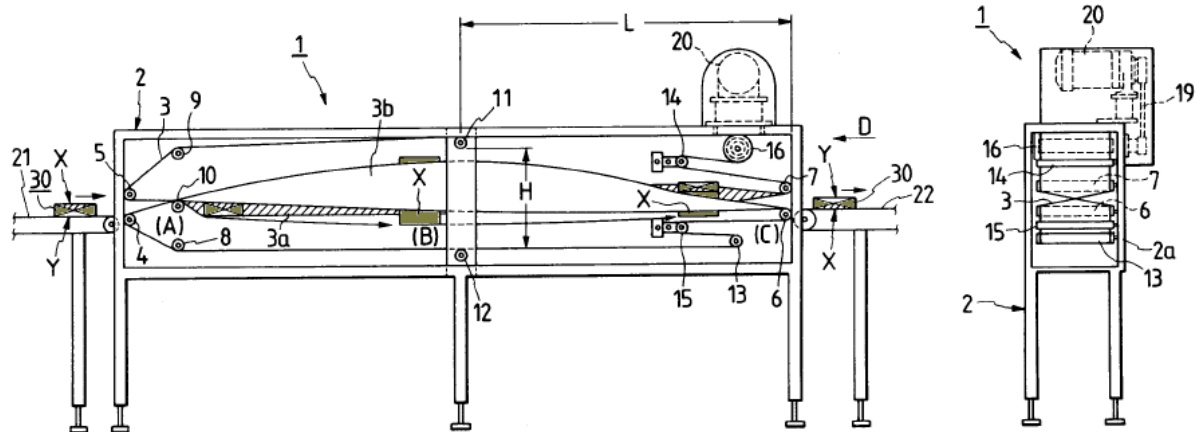


Abbildung 20: Funktionsprinzip Patent DE 40 10 330 A1

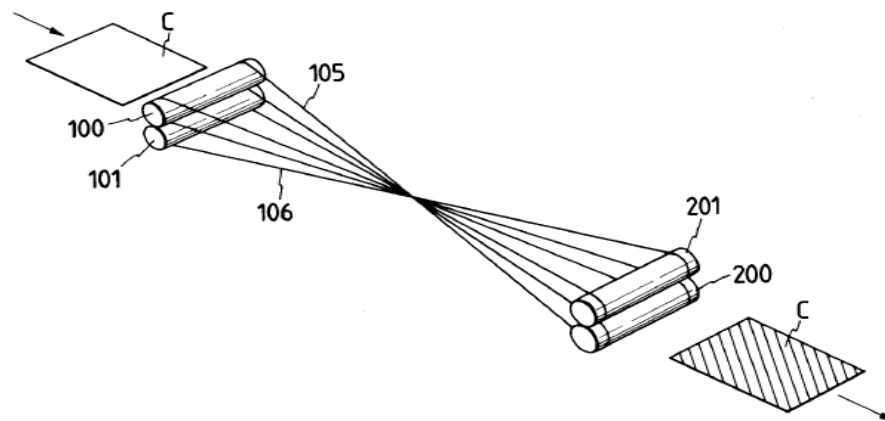


Abbildung 21: Funktionsprinzip Patent DE 40 10 330 A1, gekreuztes Endloswendeband

Es handelt sich um ein Verfahren zum kontinuierlichen Wenden von Gegenständen unter Verwendung eines Endlosbandes. Das Band wird zwischen einem Paar Eingangswalzen und einem Paar Ausgangswalzen schleifenförmig geführt. Die Walzenpaare stehen parallel zueinander und sind im Abstand verstellbar. Dadurch werden die zu wendenden Gegenstände zwischen den Oberflächen geklemmt. Durch die 180° Verdrehung des Bandes im Wendebereich werden die zugeführten Gegenstände gewendet und gleichzeitig gefördert [18].

Zum kontinuierlichen Wenden von Gelee-Produkten scheint dieses Verfahren geeignet. Das verdrehte Endlosband ermöglicht hohe Fördergeschwindigkeiten und eine hohe Prozesssicherheit. Außerdem ist durch die verstellbaren Walzenpaare ein schneller Formatwechsel möglich.

4.2.3 Teillösungen für die Funktionsgruppen

Angesichts der reichhaltigen Informationen zu den einzelnen Funktionsgruppen findet die Lösungssuche zum kontinuierlichen Wenden vorrangig analytisch statt. Zur Entwicklung von Teillösungen werden alle zusammengetragenen Informationen aufbereitet und ausgewertet.

Im folgenden Kapiteln werden die relevanten Teillösungen beschrieben. Die Abbildungen beschränken sich auf eine vereinfachte Darstellung der Komponenten und des Funktionsprinzips. Zu den einzelnen Teillösungen werden einige Vor- und Nachteile genannt, um eine spätere Beurteilung zu vereinfachen.

4.2.3.1 Teillösungen für Funktionsgruppe 1

- Teillösung 1.1: Flosse horizontal

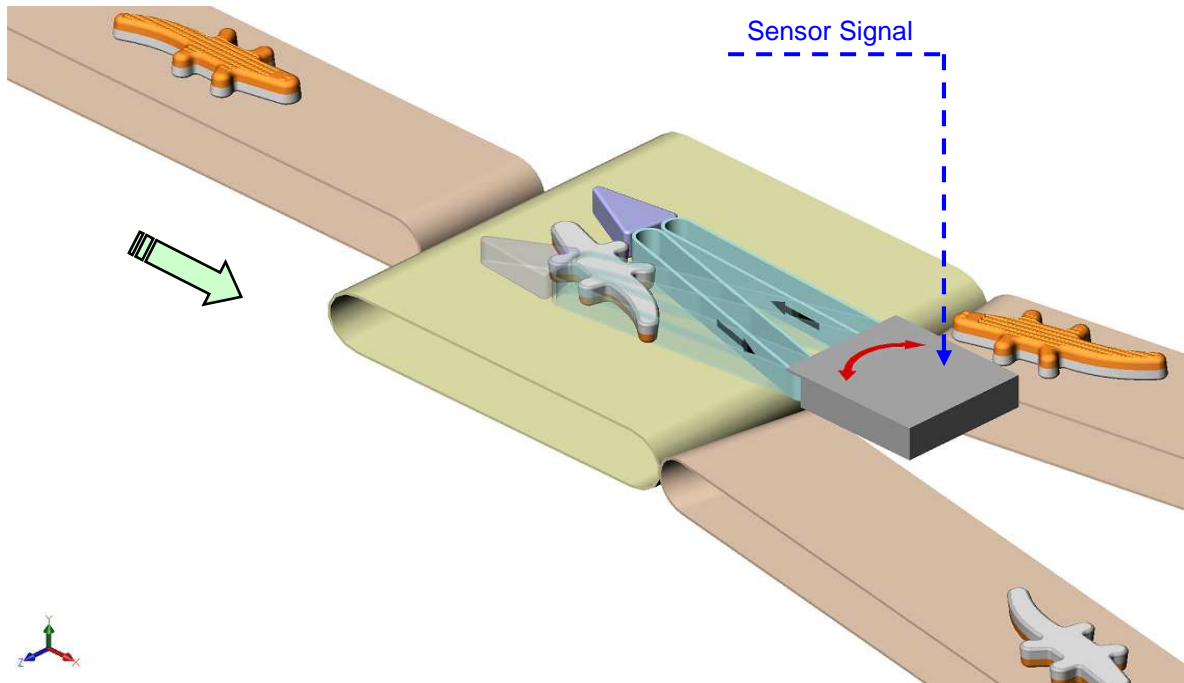


Abbildung 22: Konzeptmodell Teillösung 1.1

Die Teillösung 1.1 basiert auf dem Verteilersystem der Firma Schreyer (siehe 4.2.2.1). Der schwenkbare Flossenarm teilt den Produktstrom in zu wendende und nicht zu wendende Produkte. Die Schwenkbewegung des Flossenarms wird durch einen sensorgesteuerten Servomotor realisiert. Die seitlichen Führungsbänder sollen verhindern, dass eine Relativbewegung (siehe 3.5.3) zwischen Gelee-Produkt und Flossenarm entsteht.

Nachteile:

- Relativbewegung zwischen Band und Produkt,
- es kann zu Quetschungen des Produktes zwischen Flossenarm und Band kommen

• Teillösung 1.2: Flosse vertikal

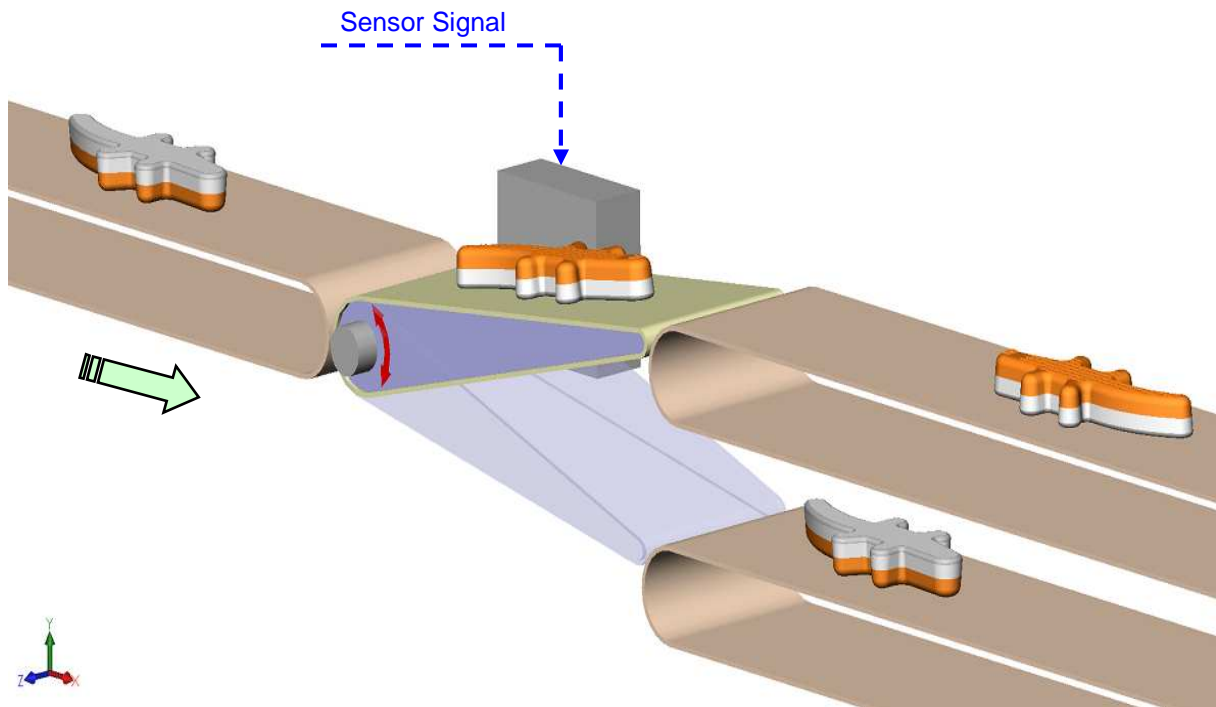


Abbildung 23: Konzeptmodell Teillösung 1.2

Teillösung 1.2 basiert ähnlich wie Teillösung 1.1 auf einer schwenkbaren Flosse, die von einem sensorgesteuerten Servomotor angetrieben wird. Die Flosse ist mit einem angetriebenen Transportband ausgestattet, um beim Passieren der Produkte die Förderbewegung zu gewährleisten. Der entscheidende Unterschied liegt in der kollinearen Anordnung der Transportbänder. Dadurch werden Relativbewegungen der Gelee-Produkte völlig vermieden.

Vorteile:

- keinerlei Relativbewegung,
- keine Quetschstellen, geringer mechanischer Aufwand,
- wenig Angriffsfläche für Zuckerstaub

Nachteile:

- bei hoher nach oben gerichteter Beschleunigung hebt Produkt ab

• Teillösung 1.3: Schwenkarm

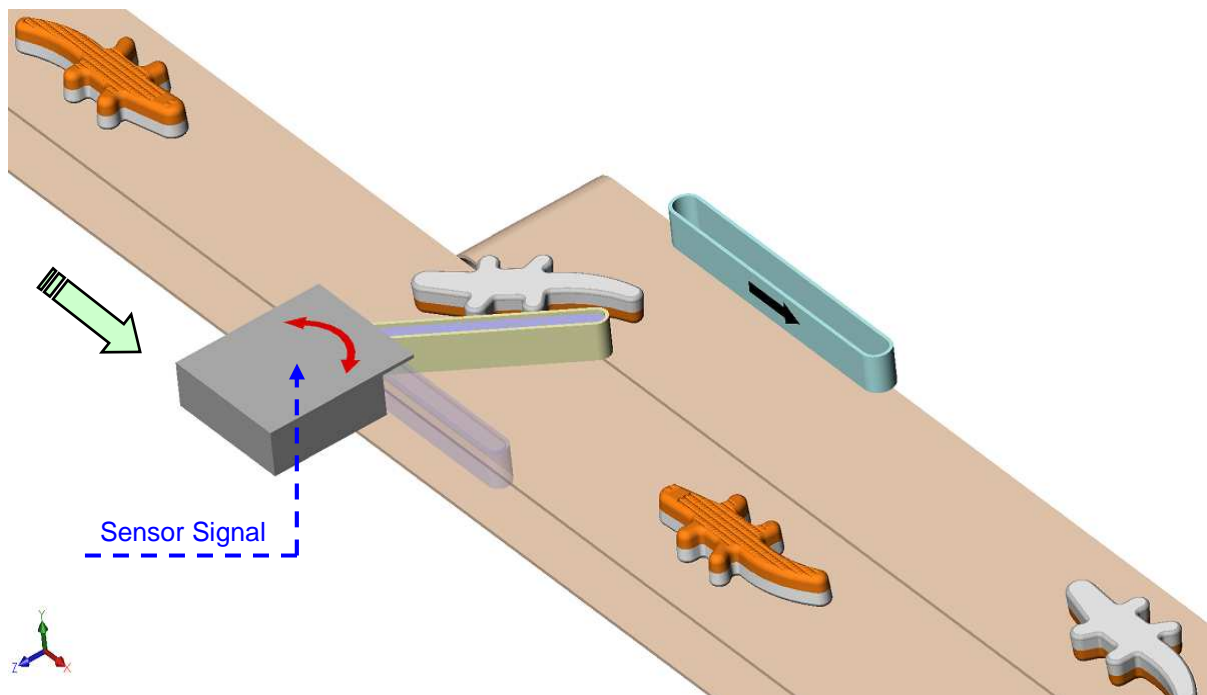


Abbildung 24: Konzeptmodell Teillösung 1.3

Dieses System teilt den Produktstrom mit Hilfe eines seitlich einschwenkenden Armes, den ein sensorgesteuerter Servomotor antreibt. Der Hebel lenkt alle zu wendenden Produkte auf ein benachbartes Transportband, wo sie von einem seitlichen Führungsband weitergeleitet werden. Um Relativbewegungen zwischen Produkt und Arm zu vermeiden und ein schnelles Ablenken der Produkte zu gewährleisten, ist er mit einem angetriebenen Führungsband ausgestattet.

Vorteile:

- einfacher Mechanismus,
- nur ein zusätzliches Transportband,
- geringer Entwicklungsaufwand,

Nachteile:

- viel Relativbewegung zwischen Transportband und Produkt,
- durch Beschleunigung des Arms können Produkte "davon fliegen",
- viele Quetschstellen.

- **Teillösung 1.4: mitlaufender Schieber**

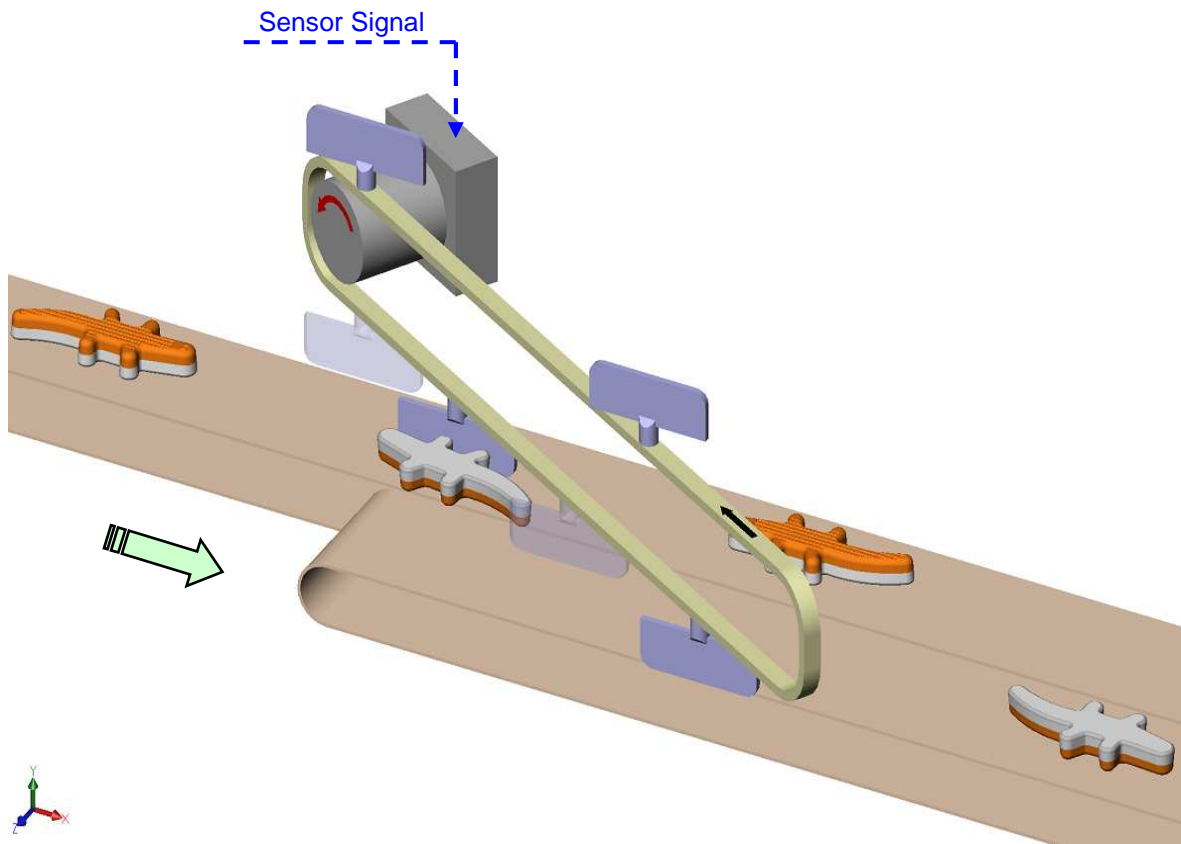


Abbildung 25: Konzeptmodell Teillösung 1.4

Teillösung 1.4 basiert auf dem Patent EP 19 27 561 A1 (siehe 4.2.2.1). Auf dem durch einen Servomotor schrittweise getriebenen Riemen sind die parallel zur Förderrichtung ausgerichteten Schieber angebracht. Der Riemen selbst steht schräg zur Förderrichtung, dadurch entsteht eine Querbewegung bei gleichzeitigem Mitlaufen in Förderrichtung. Durch dieses Mitlaufen des Schiebers wird eine vergleichsweise geringe Relativgeschwindigkeit bei einer hohen Fördergeschwindigkeit erreicht.

Vorteile:

- geringe Relativgeschwindigkeit.

Nachteile:

- Relativbewegung zwischen Produkt und Band sowie zwischen Produkt und Schieber.

- **Teillösung 1.5: Pull Nose System**

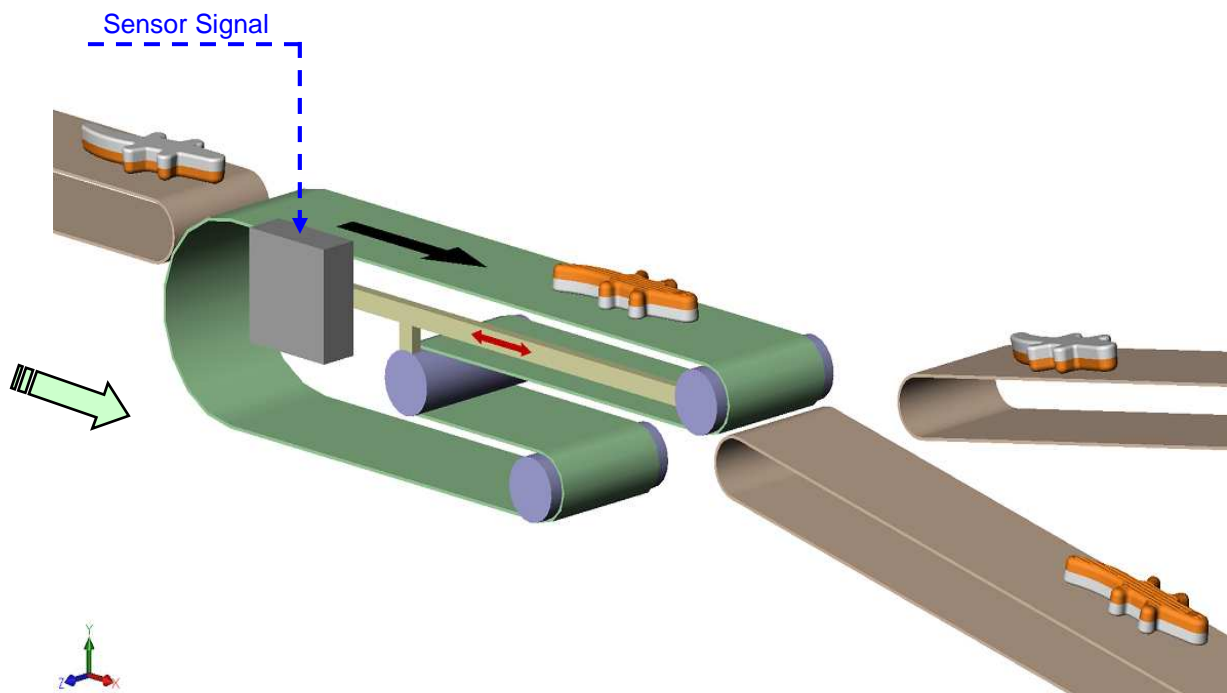


Abbildung 26: Konzeptmodell Teillösung 1.5

Die dargestellte Teillösung beruht auf dem Patent DE 33 38 068 A1 (siehe 4.2.2.1). Der verfahrbare Bandschlitten wird von einem sensorgesteuerten Linearantrieb oder einem Servomotor angetrieben. Dadurch werden die Produkte je nach Lage auf verschiedene Transportbänder übergeben.

Vorteile:

- keine Relativbewegung,
- keine Beschleunigungen die auf das Produkt wirken,
- keine Quetschstellen,
- wenig Angriffsfläche für Produktabrieb,
- hohe Prozesssicherheit.

Nachteile:

- hoher Entwicklungs- und Konstruktionsaufwand,
- viele Freiheitsgrade bei nach unten geleiteten Produkten.

4.2.3.2 Teillösungen für Funktionsgruppe 2

• Teillösung 2.1: passiver Parallel – Linienvereiniger

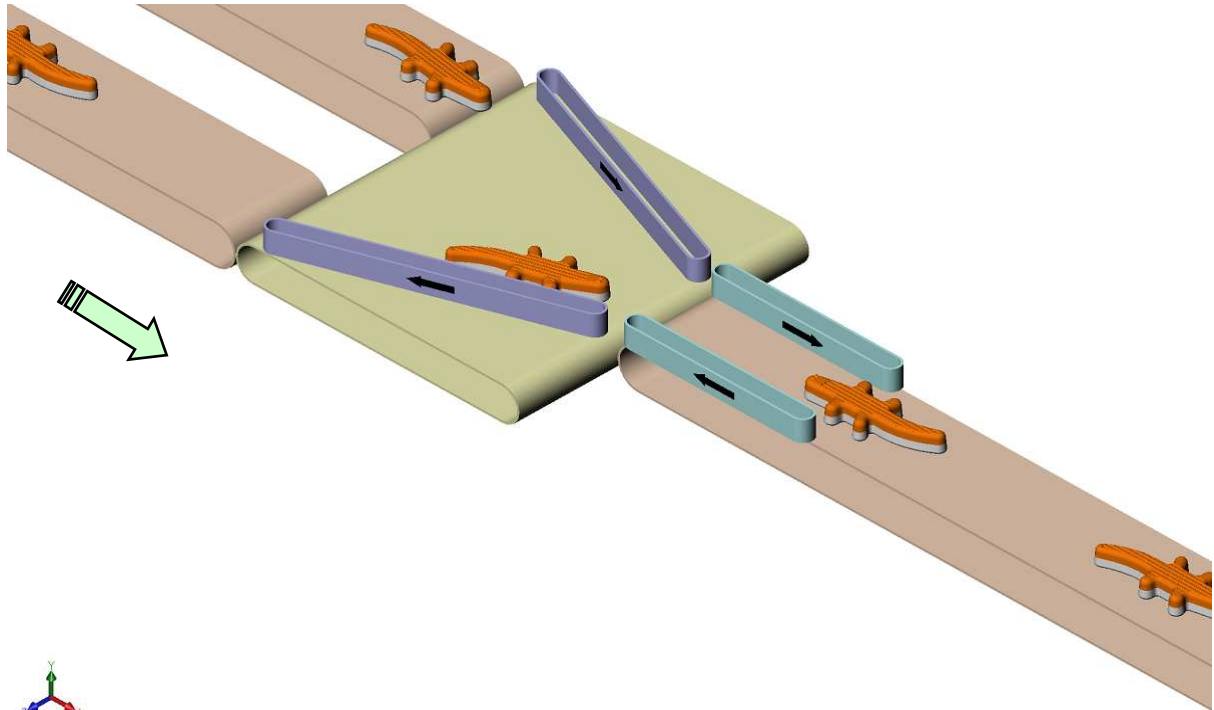


Abbildung 27: Konzeptmodell Teillösung 2.1

Teillösung 2.1 leitet sich aus dem Patent DE 295 03 014 U1 ab (siehe 4.2.2.2). Die zugeführten Gelee-Produkte werden mittels einer V-förmigen Führungseinrichtung zu einem gemeinsamen Produktstrom vereinigt. Die Führungseinrichtung besteht im Wesentlichen aus zwei Führungsbändern, die eine Relativbewegung zwischen Gelee-Artikel und Führungsvorrichtung verhindern sollen. Zur Lagestabilisierung sind am nachfolgenden Transportband zusätzlich zwei seitliche Führungsbänder angebracht. Um einen Produktstau zu vermeiden, ist die Eintaktung der zugeführten Produkte entscheidend.

Vorteile:

- keine zusätzlichen Aktoren,
- kein Mechanismus nötig,
- geringer konstruktiver Aufwand.

Nachteile:

- Relativbewegungen,
- Gefahr von Produktstau.

- **Teillösung 2.2: geneigte Rampe**

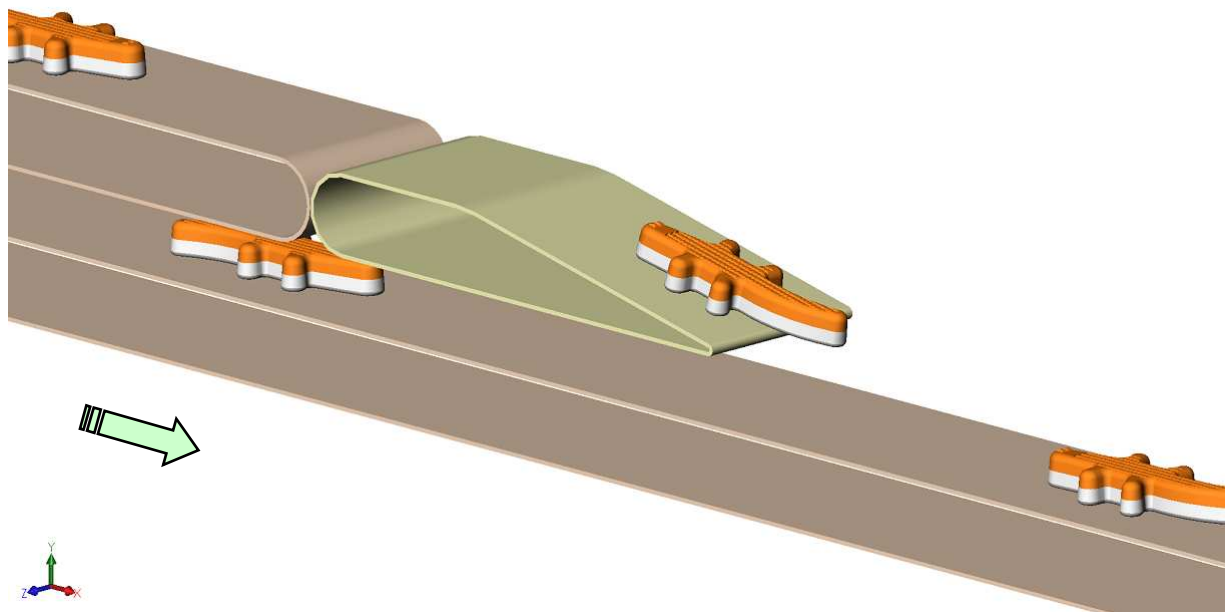


Abbildung 28: Konzeptmodell Teillösung 2.2

Bei Teillösung 2.2 handelt es sich um ein einfaches Verfahren zum Vereinigen von zwei parallel übereinander liegenden Transportbändern. Dabei werden die Produkte des oberen Bandes über eine Rampe in die Freistellen des unteren Bandes eingetaktet.

Vorteile:

- kein Mechanismus,
- keine Quetschstellen,
- keine Relativbewegungen,
- kein Produktstau möglich.

Nachteile:

- ungesteuertes eintakten → Produktkollision,
- fallendes Produkt hat viele Freiheitsgrade.

- **Teillösung 2.3: aktives Vereiniger-System: mitlaufender Schieber**

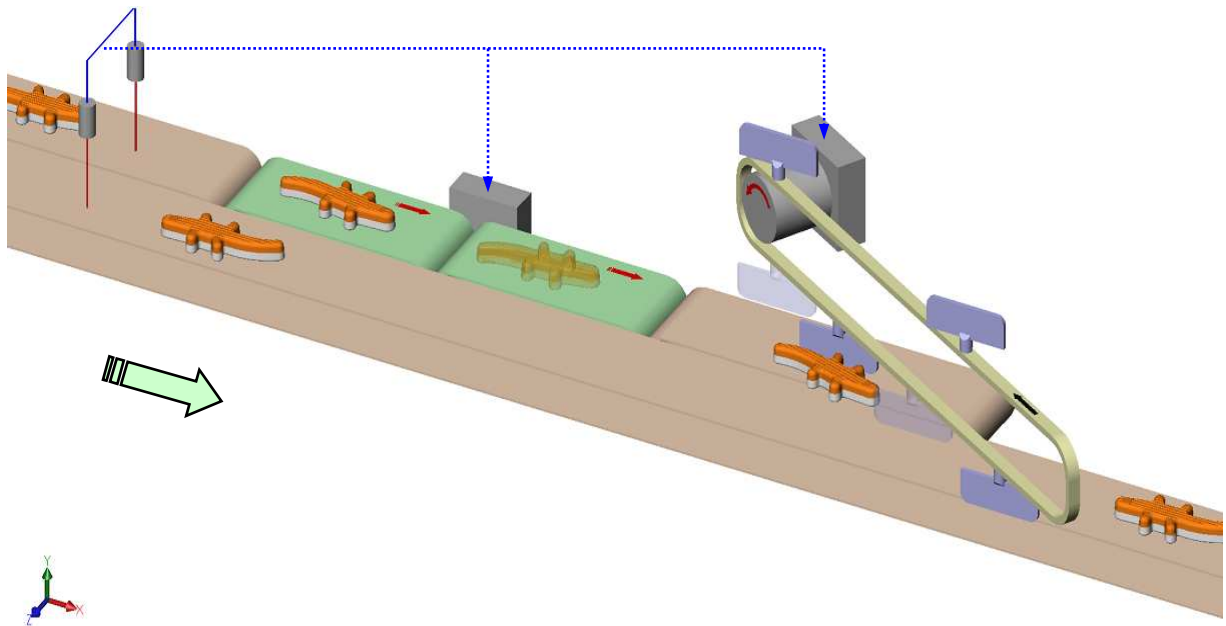


Abbildung 29: Konzeptmodell Teillösung 2.3

Teillösung 2.3 ist ein aktives Vereiniger-System und basiert im Wesentlichen auf Teillösung 1.4. Der mitlaufende Schieber dient dabei zum Vereinigen der beiden Produktströme. Zusätzlich sind zwei Sensoren und zwei Smart Belts vorgesehen, die über eine Steuerung mit dem Servo des Schiebersystems verbunden sind. Durch die Lichtschranken erkennt das System, wann ein Produkt im Abstand korrigiert werden muss und ob es dabei zur Kollision mit einem anderen Produkt kommt. Ist das der Fall, regulieren die Smart Belts den Abstand der Produkte.

Vorteile:

- sicheres kollisionsfreies Vereinigen.

Nachteile:

- Relativbewegung,
- hoher Aufwand durch Steuerung und zusätzliche Komponenten.

- **Teillösung 2.4: aktives Vereiniger-System: Flosse vertikal**

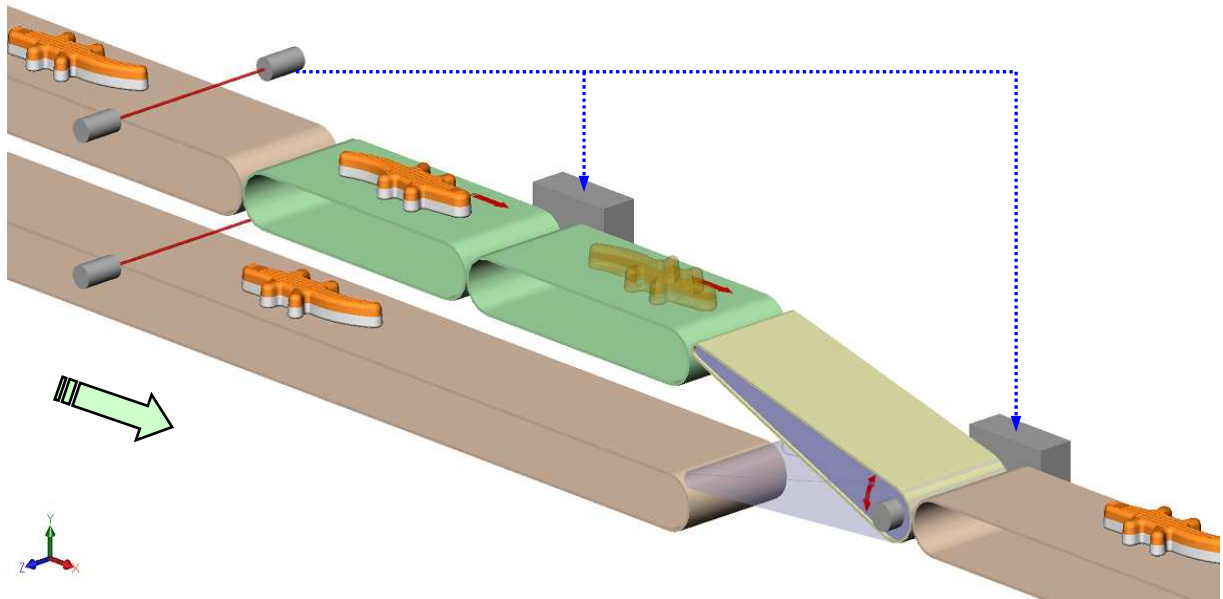


Abbildung 30: Konzeptmodell Teillösung 2.4

Teillösung 2.4 ist ein aktives Vereinigungssystem und basiert auf dem Prinzip der Teillösung 1.2. Die Flosse dient dabei als Weiche zwischen den beiden Teilströmen und dem Gesamtstrom. Zur Abstandsregulierung und Positionserkennung werden ähnlich wie bei Teillösung 2.3 Sensoren und Smart Belts in Verbindung mit einer Steuerung eingesetzt.

Vorteile:

- sicheres Vereinigen ohne Produktstau,
- keine Relativbewegungen,
- keine Quetschstellen.

Nachteile:

- Produkte könnten abheben,
- hoher Aufwand durch Steuerung und zusätzliche Komponenten.

4.2.3.3 Teillösungen für Funktionsgruppe 3

- Teillösung 3.1: bogenförmige Wendevorrichtung

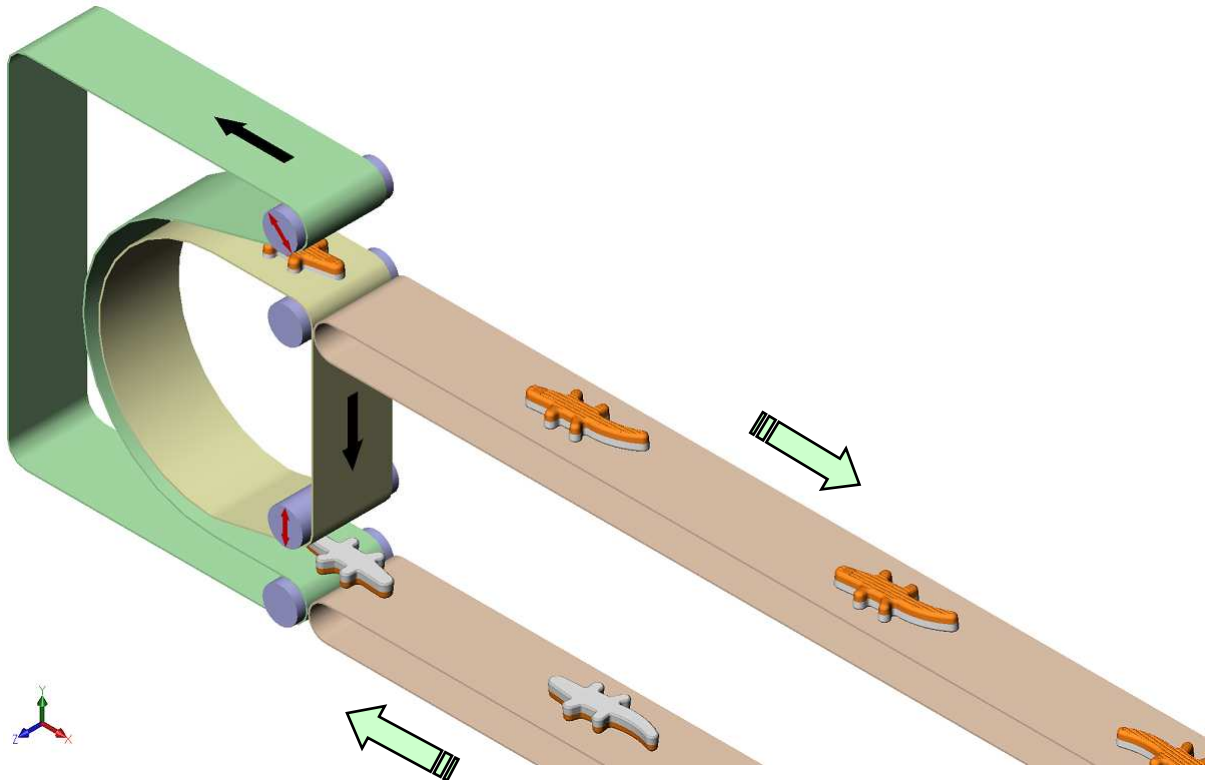


Abbildung 31: Konzeptmodell Teillösung 3.1

Die Teillösung 3.1 beruht auf dem System des Patentes AT 376 630 B (siehe 4.2.2.3). Um verschiedene Formate problemlos aus der horizontalen in die bogenförmige Wendevorrichtung einzubringen, ist der Abstand zwischen dem Eingangs- und Ausgangswalzenpaar manuell verstellbar. Dadurch wird verhindert, dass sich der ursprüngliche Abstand zwischen den Gelee-Produkten beim Passieren der bogenförmigen Wendevorrichtung verändert. Eine Veränderung des Abstandes, würde zu Problemen beim Vereinigen oder sogar zum Produktstau in der Wendevorrichtung führen kann.

Vorteile:

- keine Relativbewegung,
- einfacher Formatwechsel.

Nachteile:

- relativ aufwendiger Mechanismus,
- Umkehr der Förderrichtung.

• Teillösung 3.2: Wenderutsche

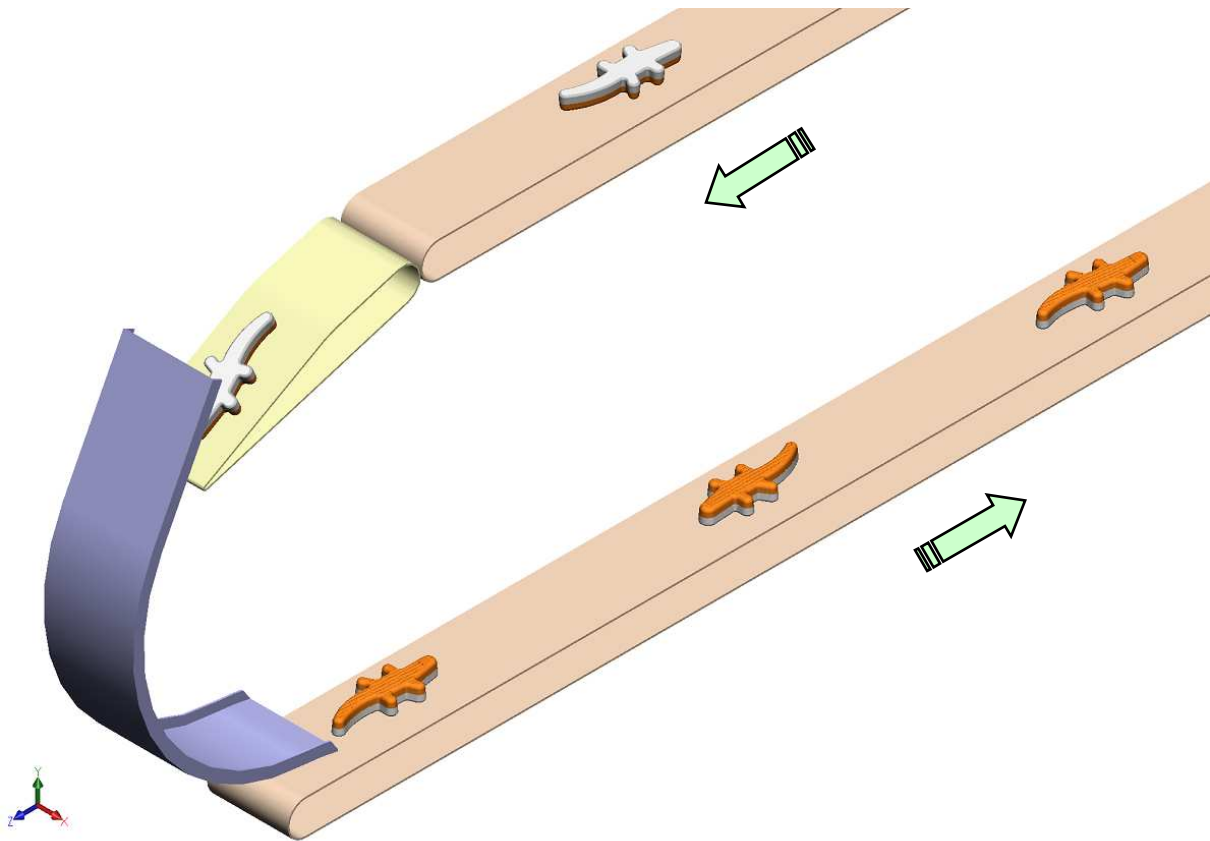


Abbildung 32: Konzeptmodell Teillösung 3.2

Das Funktionsprinzip der Teillösung 3.2 leitet sich aus dem Patent DE 19 97 178 ab (siehe 4.2.2.3). Die zu wendenden Produkte werden über eine geneigte Rampe der Wenderutsche zugeführt. Der Unterschied zum Patent ist, dass das nachgeschaltete Transportband die durch den Wendevorgang hervorgerufene Umkehrung der Förderrichtung beibehält. Dadurch treten geringere Relativgeschwindigkeiten auf, was die Prozesssicherheit erhöht.

Vorteile:

- einfaches System,
- kein Mechanismus,
- keine Formateile.

Nachteile:

- viel Relativbewegung,
- viele Freiheitsgrade,
- Umkehr der Förderrichtung.

- **Teillösung 3.3: gekreuztes Endloswendeband**

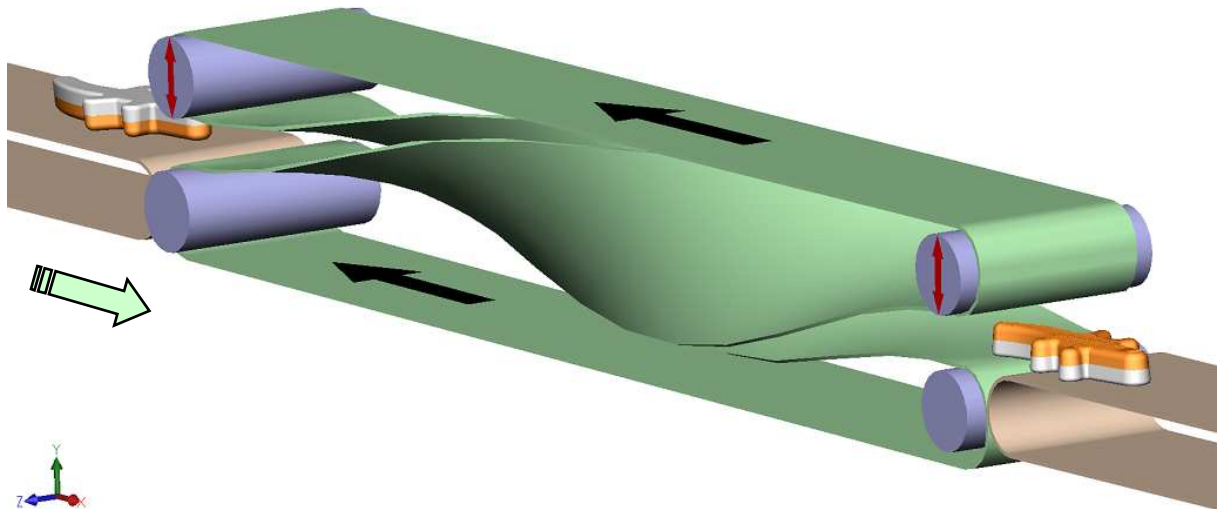


Abbildung 33: Konzeptmodell Teillösung 3.3

Die Teillösung 3.3 ist weitestgehend identisch mit dem Patent DE 40 10 330 A1 (siehe 4.2.2.3).

Vorteile:

- keine Formatteile,
- geringer Aufwand bei Formatwechseln,
- keine Relativbewegung.

Nachteile:

- viele Freiheitsgrade beim Wenden,
- Produktabrieb zwischen den Oberflächen

4.3 Lösungsansatz 2 - diskontinuierlich wenden

Wie in Abbildung 2 zu sehen, handelt es sich beim diskontinuierlichen Wenden um eine einzelne Komponente, in der alle notwendigen Funktionen integriert sind. Deshalb wird auf eine Erstellung von Funktionsgruppen verzichtet.

Bei einer Internet- und Patentrecherche konnten weder Angebote von Unternehmen noch geeignete Patente gefunden werden, die bei den vorhandenen kinematischen und produktspezifischen Problemen als Lösungsvariante nützlich wären.

4.3.1 Lösungsvarianten

Aufgrund fehlender Informationen von vergleichbaren Systemen findet die Lösungssuche für das diskontinuierliche Wenden vorrangig mit intuitiven Methoden (Brainstorming, Brainwriting) statt [3].

Zu diesem Zwecke fand eine Reihe von Besprechungen mit den verantwortlichen Ingenieuren der Abteilung Packaging Technology statt. Dabei wurden verschiedene Lösungsprinzipie bei einer Art Brainstorming erdacht und anschließend auf ihre technische Machbarkeit überprüft.

Am Sinnvollsten erschien dabei die Verwendung eines Rades zur Erfüllung der Aufgabenstellung. In den folgenden zwei Abschnitten werden die zwei favorisierten Varianten dieses Radprinzips vorgestellt. Alle anderen Lösungsprinzipie, die meist wegen technischen Problemen nicht zu verwirklichen sind, wurden verworfen.

4.3.2 Variante 1 : Sternrad

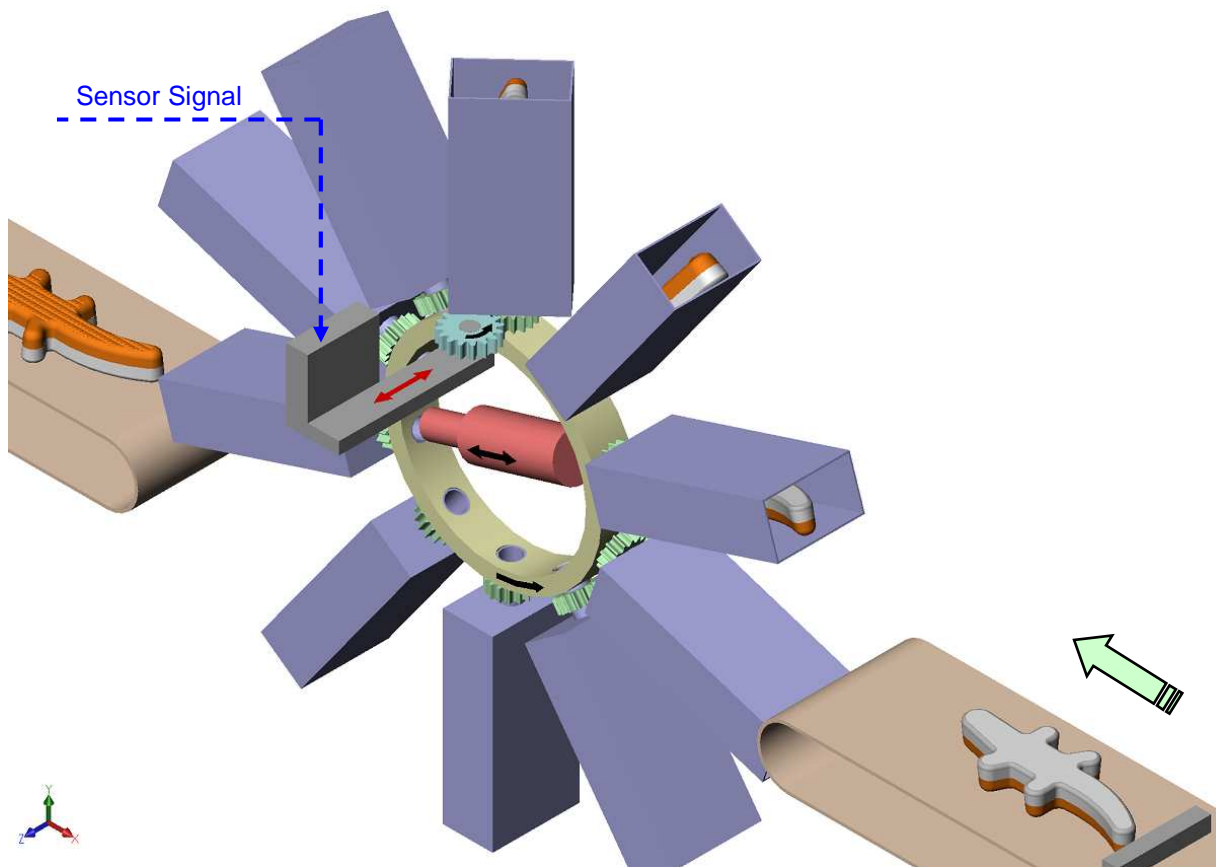


Abbildung 34: Konzeptmodell Sternrad

Variante 1 ist eine diskontinuierliche Wendevorrichtung, die sich zwischen zwei kollinear verlaufenden Transportbändern befindet. Der gesamte normalverteilte Produktstrom muss die Vorrichtung passieren. Das Sternrad wird von einem mit Mitnehmern versehenen Transportband bestückt. Die Mitnehmer dienen zum sicheren Einschieben der Produkte in die umlaufenden Kassetten. Jede der Kassetten kann mittels sensorgesteuertem Servomotor 180° um ihre Längsachse gedreht werden. Durch das kreisförmige Umlaufen der Kassetten werden automatisch alle Produkte gewendet. Alle Kassetten mit nichtzuwendenden Produkten müssen folglich gedreht werden, um einen homogenen Produktstrom zu erhalten. Anschließend sorgt ein Ausschieber dafür, dass alle Produkte aus der Vorrichtung auf das Transportband übergeben werden.

4.3.3 Variante 2: Gondelrad

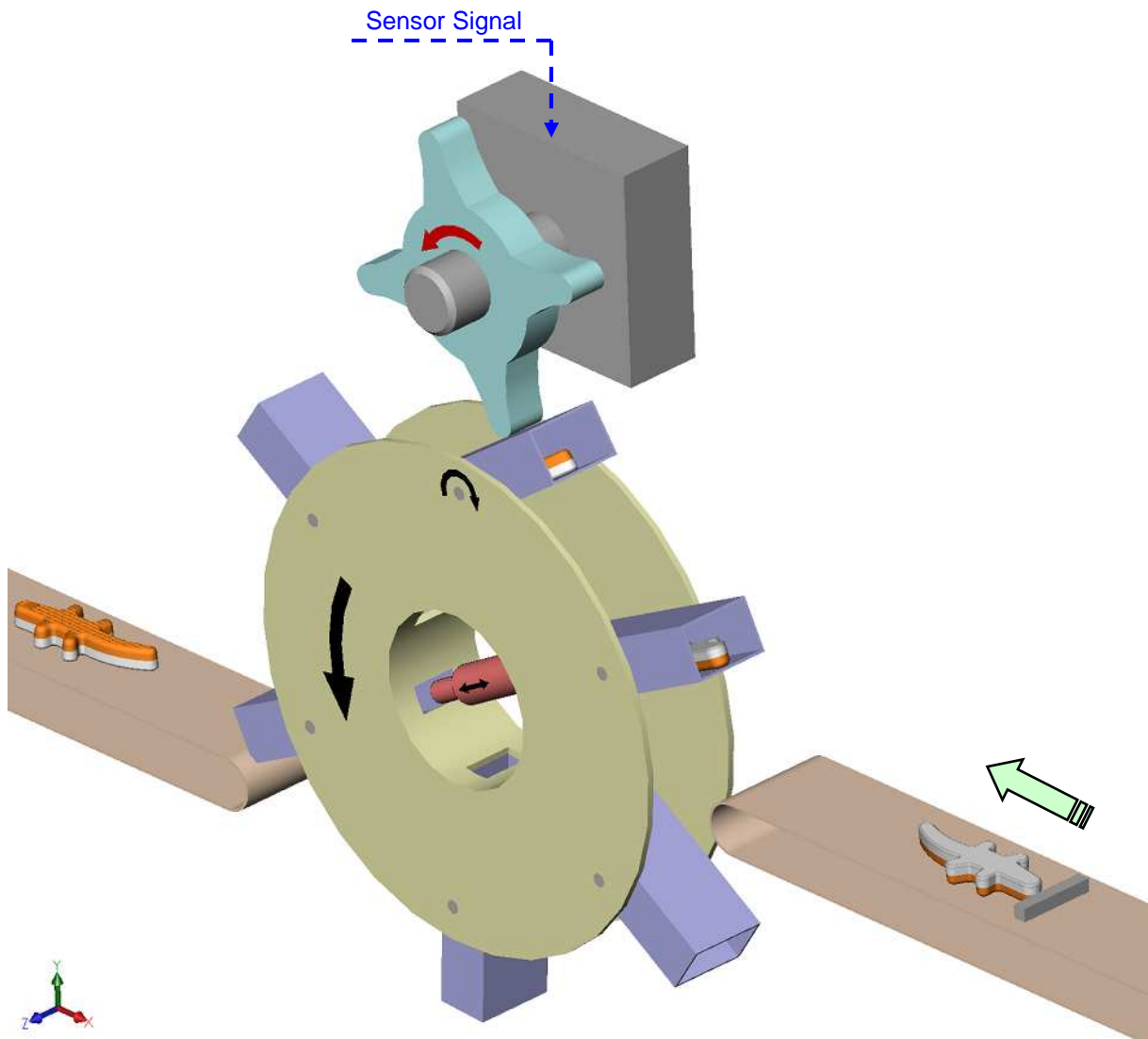


Abbildung 35: Konzeptmodell Gondelrad

Variante 2 - das Gondelrad - funktioniert ähnlich wie Variante 1. Über ein mit Mitnehmern besetztes Transportband wird die Vorrichtung bestückt, und ein Ausschieber übergibt die Produkte auf das nachgeschaltete Transportband. Die Unterschiede liegen in der Lagerung und dem Drehmechanismus der Kassetten. Das Gondelrad dreht die Kassetten 180° um ihre Querachse. Er wird von einem sensorgesteuerten Servomotor betrieben und reagiert immer dann, wenn eine zu drehende Kassette ihn passiert.

5 Bewertung zur Auswahl der Lösungsvarianten

Ziel dieses Kapitels ist es, durch eine erste Bewertungsrunde für die beiden allgemeinen Lösungsansätze je eine Lösungsvariante zu ermitteln, die zur Erfüllung der Aufgabenstellung am besten geeignet ist. Die Bewertung wird mit Unterstützung der verantwortlichen Ingenieure der Abteilung Packaging Technology durchgeführt.

5.1 Bewertung zum kontinuierlichen Wenden

Die Bewertung der Teillösungen erfolgt mit Hilfe von Bewertungskriterien und eines Rangfolgeverfahrens[2]. Ziel ist es, für jede Funktionsgruppe die am besten geeignete Teillösung zu ermitteln, um diese anschließend zu einer favorisierten Lösungsvariante zu kombinieren. Da alle Teillösungen der drei Funktionsgruppen miteinander kompatibel sind, entstehen keine Einschränkungen bei den Kombinationsmöglichkeiten.

5.1.1 Festlegung der Bewertungskriterien

Aufgrund der frühen Konzeptphase ist eine objektive Bewertung mit technisch quantitativen Kriterien nicht möglich. Daher werden die Bewertungskriterien eher allgemein formuliert und erhalten keine spezielle Gewichtung. Einzige Ausnahme ist die Prozesssicherheit. Dieses Kriterium ist besonders wichtig und fließt daher doppelt in die Bewertung ein[2].

Die folgenden Bewertungskriterien sind für alle Teillösungen anwendbar. Um eine falsche Deutung zu verhindern, sind alle Kriterien positiv formuliert:

- Prozesssicherheit,
- geringer Entwicklungsaufwand,
- geringer konstruktiver Aufwand (Aufwand an Mechanik und Regel/Steuertechnik),
- Flexibilität (wenig Formateile, Dauer Formatwechsel),
- geringe Produkteinwirkungen (Relativbewegung, Quetschungen),
- geringer Einfluss von Produktabrieb/Verschmutzung.

5.1.2 Ermittlung der bevorzugten Variante

Wie bereits erwähnt, wird zur Bewertung der Teillösungen ein Rangfolgeverfahren verwendet. Es ist ein einfaches Verfahren und besonders gut für die Bewertung von Konzepten in frühen Entwurfsphasen geeignet[2].

Beim Rangfolgeverfahren werden die Teillösungen entsprechend ihrer Bevorzugung bezüglich der aufgestellten Kriterien geordnet. Die Anzahl der Ränge entspricht der Anzahl der zu bewertenden Teillösungen, wobei Rang I der beste ist[2].

Zur Auswertung addiert man die I. Ränge jeder Teillösung. Die Teillösung mit der höchsten Summe an I. Rängen bildet für die jeweilige Funktionsgruppe die beste Lösung. Bei einer gleichen Anzahl an I. Rängen bei mehreren Teillösungen wird zusätzlich die Summe der II. Ränge usw. herangezogen[2].

• Bewertung der Teillösungen zu Funktionsgruppe 1

Kriterien \ Teillösungen					
	TL 1.1	TL 1.2	TL 1.3	TL 1.4	TL 1.5
Prozesssicherheit (x2)	III.	II.	V.	IV.	I.(x2)
Flexibilität	III.	I.	IV.	V.	I.
geringer Entwicklungsaufwand	III.	II	I.	II.	V.
geringer konstruktiver Aufwand	IV.	II.	I.	III.	V
geringe Produkteinwirkung	V.	II.	IV.	III.	I.
geringer Einfluss von Produktabrieb	V.	III.	IV	II.	I.
Σ der I.	0	1	2	0	5

Tabelle 5: Bewertungsverfahren FK 1

Die Bewertung der Funktionsgruppe 1 ergab, dass zum Teilen des Produktstromes die Pull Nose am besten geeignet ist.

• **Bewertung der Teillösungen zu Funktionsgruppe 2**

Kriterien \ Teillösungen	TL 2.1	TL 2.2	TL 2.3	TL 2.4
Prozesssicherheit (x2)	IV.	III.	I.(x2)	II.
Flexibilität	II	I.	IV.	III.
geringer Entwicklungsaufwand	II.	I.	IV.	III.
geringer konstruktiver Aufwand	II.	I.	IV.	III.
geringe Produkteinwirkung	IV.	III.	II.	I.
geringer Einfluss von Produktabrieb	IV.	I.	II.	III.
Σ der I.	0	4	2	1

Tabelle 6: Bewertungsverfahren FK 2

Zum Vereinigen der beiden Teilströme erscheint Teillösung 2.2 - eine geneigte Rampe am besten geeignet.

• **Bewertung der Teillösungen zu Funktionsgruppe 3**

Kriterien \ Teillösungen	TL 3.1	TL 3.2	TL 3.3
Prozesssicherheit (x2)	II.	III.	I.(x2)
Flexibilität	III.	I.	II.
geringer Entwicklungsaufwand	II.	I.	III.
geringer konstruktiver Aufwand	III.	I.	II.
geringe Produkteinwirkung	III.	II.	I.
geringer Einfluss von Produktabrieb	II.	III.	I.
Σ der I.	0	3	4

Tabelle 7: Bewertungsverfahren FK 3

Die günstigste Lösung zum kontinuierlichen Wenden eines Produktstroms ist ein gekreuztes Endloswendeband.

Fügt man die ermittelten Lösungen zusammen, erhält man basierend auf Abbildung 11, eine finale Funktionsstruktur für den Lösungsansatz 1 – kontinuierlich wenden.

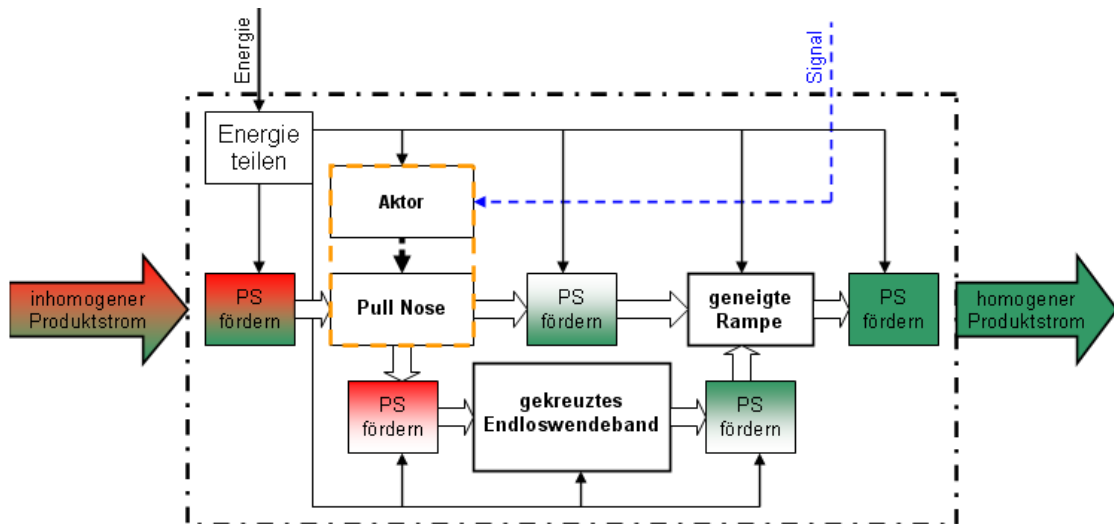


Abbildung 36: Finale Funktionsstruktur für Lösungsansatz 1

5.2 Bewertung zum diskontinuierlichen Wenden

Zur Bewertung der beiden Varianten Sternrad und Gondelrad wird kein spezielles Bewertungsverfahren eingesetzt. Eine Entscheidung wird durch Abwägen der Vor- und Nachteile und aufgrund einer Beurteilung der verantwortlichen Ingenieure gefällt. Die Bewertung fiel aus folgenden Gründen zu Gunsten des Sternrades aus.

- das Sternrad kann mehr Wendekassetten bei gleichem Außendurchmesser aufnehmen → geringere Drehzahl des Sternrades erforderlich
- Wendekassetten des Sternrades sind unten geschlossen → sicherer Produkttransport
- Drehmechanismus des Sternrades erscheint zuverlässiger

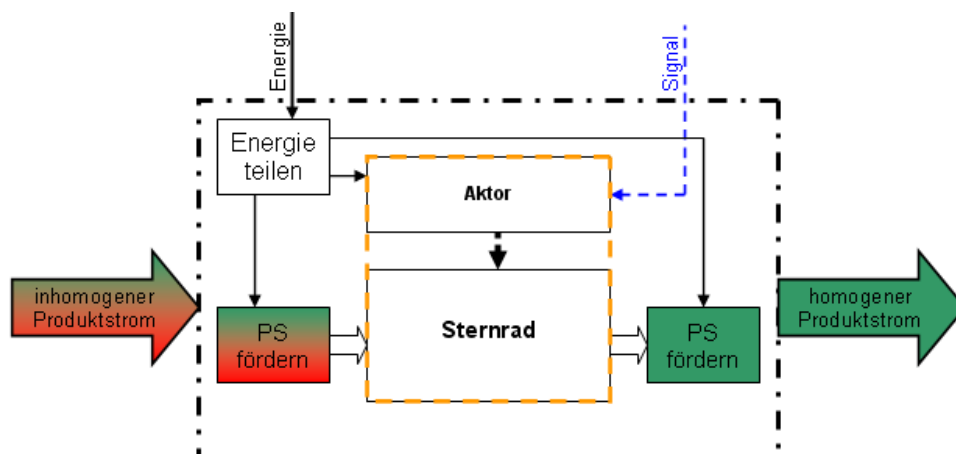


Abbildung 37: Finale Funktionsstruktur für Lösungsansatz 2

6 Variantenkonstruktion

In diesem Kapitel folgen die konstruktive Ausarbeitung der in Kapitel 5 ausgewählten Lösungsvarianten, sowie die Auswahl eines Lösungsansatzes. Die Konstruktionen beschränken sich auf die funktionellen Teile und Baugruppen der jeweiligen Variante. Abdeckungen, Anschlüsse, Gestelle und dergleichen werden nicht ausgearbeitet.

6.1 Bewertung zur Auswahl der Lösungsansätze

Nach einer konstruktiven Vertiefung der favorisierten Varianten erfolgt eine Bewertung der beiden Lösungsansätze. Dabei wird kein spezielles Bewertungsverfahren verwendet. Eine Entscheidung wird wie in Abschnitt 5.2 durch Abwägen der Vor- und Nachteile und aufgrund der Beurteilung der verantwortlichen Ingenieure gefällt.

Bei der Betrachtung der Konstruktion des Lösungsansatzes 2 - Sternrad (Abb. 38, 39), welches nach dem in Abschnitt 4.3.2 beschriebenen Prinzip arbeitet, werden schnell einige Probleme deutlich:

- aufwendige Synchronisierung – Mitnehmer des Zuführbandes und Wendearm sowie Ausstoßvorrichtung und Wendearm müssen synchron laufen,
- Mechanik innerhalb der Wendearme anfällig für Verschleiß und Verschmutzung durch Produktabrieb,
- hohe erforderliche Antriebsmomente aufgrund der zu bewegenden Masse und der Abmessung der Konstruktion,
- Probleme beim Wenden einiger Formate aufgrund der schnellen Drehbewegung der Wendearme beim wenden bleiben einige Produkte liegen,
- extrem hoher Geräuschpegel durch Ausstoßvorrichtung.

Die Bearbeitung des Lösungsansatzes 2 wird angesichts der genannten Probleme abgebrochen. Diese Entscheidung ist in Absprache mit den verantwortlichen Ingenieuren gefallen. Damit entfällt eine weitere Bewertung der Lösungsansätze. Die Konstruktion des favorisierten Lösungsansatzes 1 – kontinuierlich wenden - wird in Abschnitt 6.2 vorgestellt.

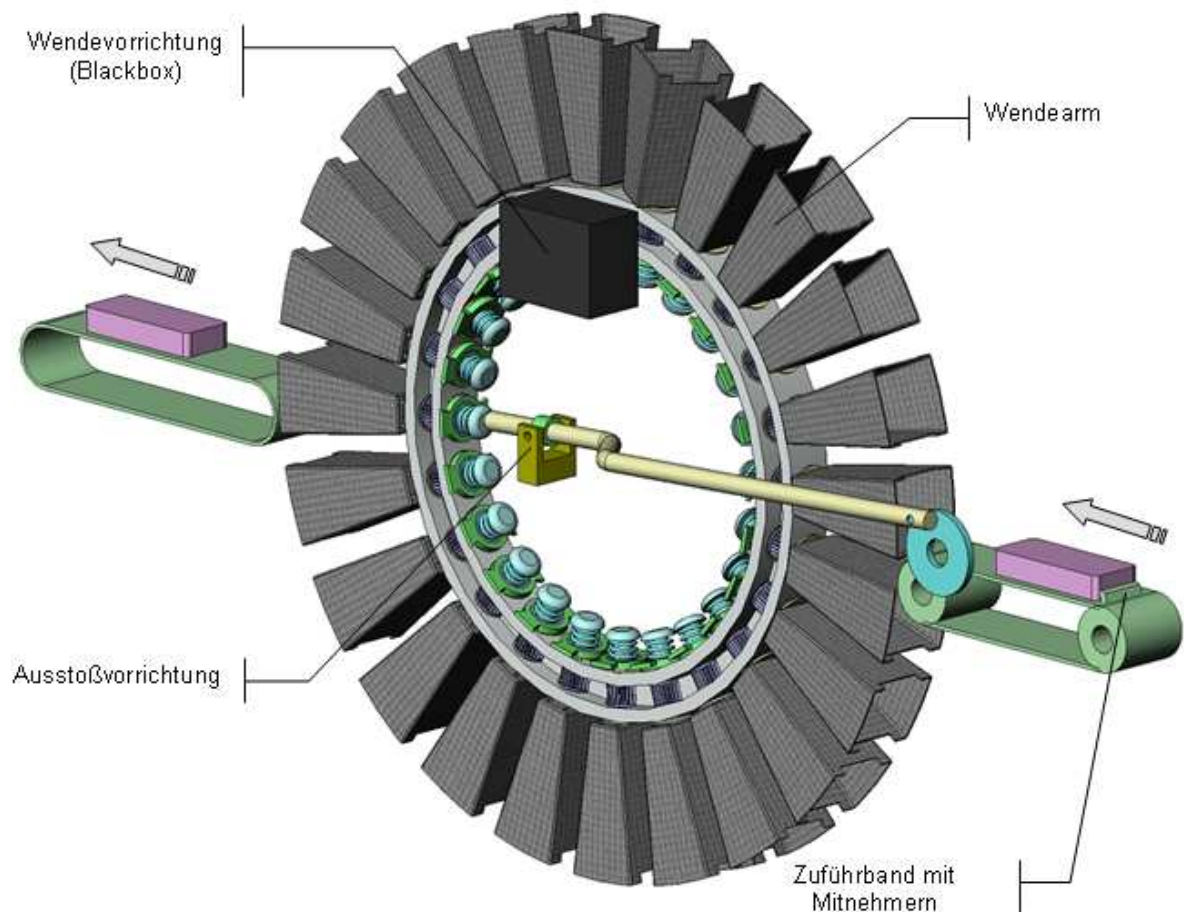


Abbildung 38: Konstruktion Sternrad

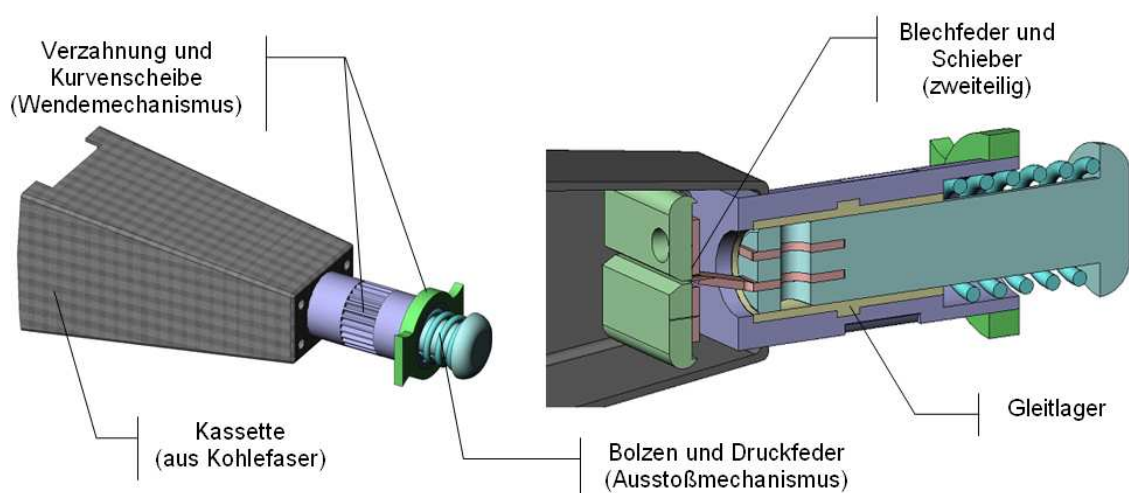


Abbildung 39: Konst. Wendearm, Wendemechanismus: Außensternrad nach Volmer [5,11]

6.2 Variantenkonstruktion – kontinuierlich Wenden

Um dem Wunsch nach einer modularen Bauweise zu erfüllen, werden die einzelnen Funktionsgruppen des Lösungsansatzes 1 als separate Baugruppen betrachtet und konstruiert.

6.2.1 Variantenkonstruktion – FK 1 Produktstrom aufteilen

6.2.1.1 Grundlagen

Für die Konstruktion des Pull Nose Systems müssen anhand der gegebenen Parameter (siehe Kapitel 3.3, 3.4.2) grundlegende Größen ermittelt werden. Es wird hier mit einer Stückzahl von $N = 400$ Stück gerechnet. Da Voruntersuchungen gezeigt haben, dass eine höhere Stückzahl zu Problemen beim Antrieb führt.

- **gegebene Parameter**

$l_{Pmax} := 80 \cdot \text{mm}$	maximale Produktlänge
$s_{Pmin} := 120 \cdot \text{mm}$	Mindestabstand zwischen den Produkten
$N := 400 \cdot \frac{1}{\text{min}}$	Stückzahl
$y := 20 \cdot \text{mm}$	maximale Produkthöhe + Höhe Messerkante
$g := 9.81 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$	Erdbeschleunigung

• Betrachtung der Positionierungsmöglichkeiten

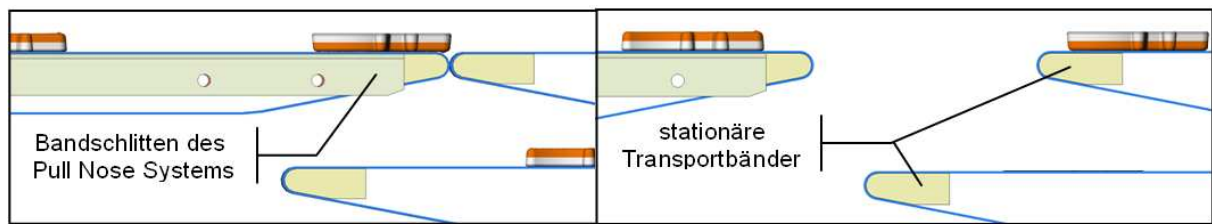


Abbildung 40: Pull Nose in eingefahrener- (rechts) und ausgefahrener Position (links)

Abbildung 40 zeigt die beiden Positionierungsmöglichkeiten des Pull Nose Systems. Bei ausgefahrenem Bandschlitten werden die Produkte auf das obere stationäre Transportband übergeben. Wird der Bandschlitten eingefahren, gelangen die Gelee-Artikel auf das untere stationäre Transportband.

• Bandgeschwindigkeit (V_{Band})

Die Bandgeschwindigkeit des Pull Nose Systems setzt sich aus der maximalen Produktlänge (l_{Pmax}), dem Mindestabstand zwischen den Produkten (s_{Pmin}) und der maximalen Stückzahl (N) zusammen.

$$V_{\text{Band}} := (l_{\text{Pmax}} + s_{\text{Pmin}}) \cdot N$$

$$V_{\text{Band}} = 1.333 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

• Verfahrenweg PullNose (s_{PN})

Mit Hilfe der Bahngleichung des waagerechten Wurfes lässt sich der Mindestverfahrenweg (s_{PNmin}) in Abhängigkeit von der Bandgeschwindigkeit und des Weges y bestimmen. Der Weg y ist die Summe der maximalen Produkthöhe und der Höhe der Messerkante [4].

$$s_{\text{PNmin}} := \sqrt{\frac{2 \cdot V_{\text{Band}}^2 \cdot y}{g}}$$

$$s_{\text{PNmin}} = 0.085 \cdot \text{m}$$

gewählter Wert:

$$s_{\text{PN}} := 0.1 \cdot \text{m}$$

• Positionierungszeit Pull Nose (t_{PN})

Aus dem Mindestabstand der Produkte und der Bandgeschwindigkeit ergibt sich die zur Verfügung stehende Zeit für eine Neupositionierung des Schlittens.

$$t_{PN} := \frac{s_{PN}}{V_{Band}}$$

$$t_{PN} = 0.075 \cdot s$$

• Bewegungsverlauf

Zur Berechnung von Geschwindigkeit und Beschleunigung der Pull Nose muss der Bewegungsverlauf festgelegt werden. Um die Beschleunigungskräfte so gering wie möglich zu halten, wird ein dreiecksförmiger Geschwindigkeitsverlauf gewählt. Aus dem gewählten Bewegungsverlauf ergeben sich der Beschleunigungs- und Verzögerungsweg (s_{PNa}) sowie die Beschleunigungs- und Verzögerungszeit (t_{PNa}) [9].

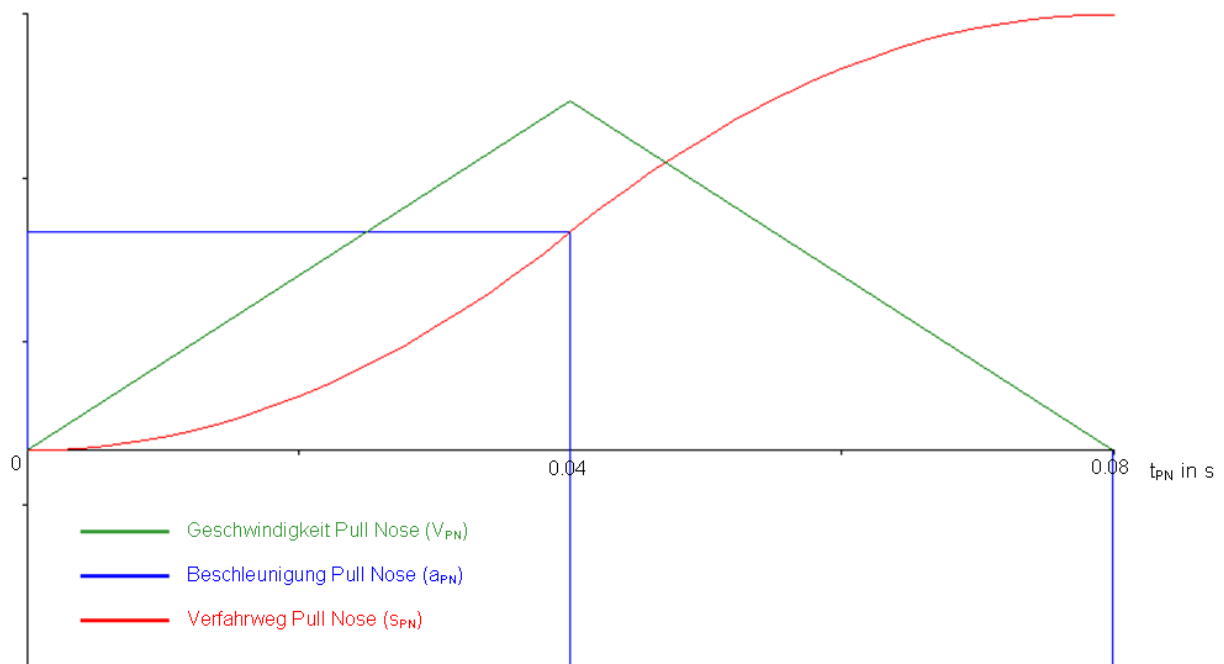


Abbildung 41: Dreieckiger Bewegungsverlauf des Pull Nose Systems

$$t_{PNa} := \frac{t_{PN}}{2}$$

$$s_{PNa} := \frac{s_{PN}}{2}$$

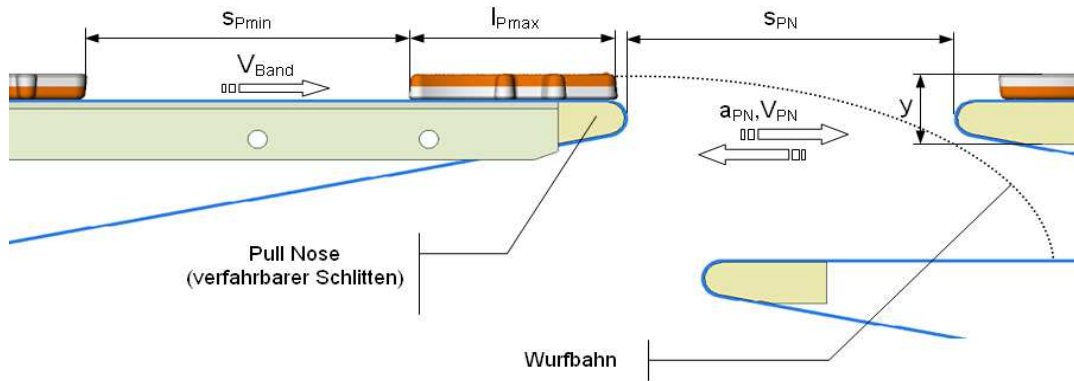


Abbildung 42: Zur Berechnung verwendete Größen

6.2.1.2 Auswahl und Auslegung des Positionierungsantriebes

Um einen geeigneten Positionierungsantrieb für das Pull Nose System zu finden, werden drei verschiedene Antriebssysteme betrachtet:

- Kugelgewindespindel mittels Servomotor,
- Zahnstangengetriebe mittels Servomotor,
- Linear-Direkt-Antrieb.

Für die vorliegende Anwendung scheint der Linear-Direkt-Antrieb am besten geeignet. Der Antrieb bietet für das Pull Nose System grundlegend folgende Vorteile gegenüber der Positionierung mittels Zahnstange oder Kugelgewindespindel [6,8]:

- kein Übertragungsgetriebe notwendig,
- keine mechanischen Verschleißteile,
- keine Geräuschentwicklung durch Antriebssystem,
- es wird keine hohe Positionierungsgenauigkeit verlangt,
- keine Wechselwirkung zwischen Produkten und dem Magnetfeld des Antriebs.

Zur Auslegung des Antriebs wird die Software IndraSize der Firma Bosch Rexroth verwendet. Als Berechnungsgrundlagen werden die ermittelten Größen aus Kapitel 6.1.1 / Grundlagen verwendet. Die folgenden Abbildungen zeigen den Programmverlauf und erläutern die für den vorliegenden Fall wichtigsten Eingabefelder.

Masse die während des gesamten Bewegungsablaufes bewegt werden muss

Reibfaktor der verwendeten Linearführung

Auswahlmöglichkeit ob Sekundär- oder Primärteil bewegt werden soll

Eingabedaten	Aktion	Wert	Einheit
Eingabedaten für linearen Direktantrieb			
Bewegte Masse		2.500	kg
Reibungsfaktor Linearführung		0.012	-
zus. Kraft		0.000	N
Achsenneigung		0.000	°
Gegenkraft (hyd./pneum.)		0.000	-
Gegengewicht (relativ)		0.000	-
Anzahl Antriebe		1.00	-
bewegte Teile		Bewegtes Sekundärteil	
Eingabedaten zu den Motoren			
Umgebungstemperatur		40.000	°C
Anzahl Motoren		1	

Abbildung 43: IndraSize Eingabemaske für Mechanik [21]

Eingabefelder für Verfahrweg (s_{PM}) und Positionierungszeit (t_{PM}) gewählter Bewegungsverlauf (siehe 6.2.1.1)

Auswahlmöglichkeit des Bewegungsgesetzes: Polynom 5. Ordnung gewählt aufgrund der relativ geringen Effektivkraft und des gleichmäßigen Bewegungsverlaufes

Bewegungsphase: Dreieck Trapez Trapez 1/3 CAM-Tabelle Ruck

Eingabedaten:

☒ gesamter Weg: 0.100 m

☒ Zeit: 0.075 s

☐ Beschleunigung: 0 m/s²

☐ Geschwindigkeit: 0 m/s

Richtung: ☒ Vor/Auf ☐ Zurück/Ab

Bewegungsgesetz: Polynom 5. Ordnung

Phasenname:

Prozeßkraft: 0.000 N

zusätzl. Masse: 0.000 kg

Einfügen

Aktualisieren

Löschen

Phasentyp	Phasenname	Weg [m]	Zeit [s]	Beschl. [m/s ²]	Anf.geschw. [m/s]	Endgeschw. [m/s]	ges. Masse [kg]	Prozeßkraft [N]
Beschleunigung		+0.050	0.037	102.631	0.000	+2.500	2.500	0.000
Bremsen		+0.050	0.037	-102.631	+2.500	0.000	2.500	0.000

Werte am Motor pro Antrieb:

mittlere Geschwindigkeit: 79.545 [m/min]

maximale Geschwindigkeit: 150.000 [m/min]

Effektivkraft: 172.918 [N]

Maximalkraft: 256.716 [N]

☒ Weg

☒ Geschwindigkeit

☒ Beschleunigung

Zurück

Abbrechen

Reset

Speichern

Weiter

tatsächlicher Bewegungsverlauf nach Polynom 5. Ordnung

aus Eingabedaten ermittelte Werte die für Motorauswahl relevant sind

Abbildung 44: IndraSize Eingabemaske für Bewegung [21]

Filtereinstellung für Antriebsauswahl

Sicherheitsfaktoren

Maximalkraft: -fache Sicherheit

Effektivkraft: -fache Sicherheit

Werte am Motor pro Antrieb

mittlere Geschwindigkeit: [m/min]

maximale Geschwindigkeit: [m/min]

Effektivkraft: [N]

Maximalkraft: [N]

Filtereinstellungen

Antriebsfamilie:

Regler:

ZWK-Spannung:

Netzspannung: V

PWM-Frequenz: kHz

Motor:

Motorgröße:

Kühlart Motor:

Isolierung:

Anordnung:

Regler	Motor	Zusatzkomp.	FMax [N]	FKB [N]	FdN [N]	vN [m/min]	Status
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0150--		1150	555	370	300	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0150--	HNL01.1E	1150	555	370	300	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0150--	HNL01.1E	1150	555	370	300	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0150--		1150	555	370	300	Verl.
HCS02.1E-W0028--03-	MLP040B-0150--		1150	555	370	300	Verl.
HCS02.1E-W0028--03-	MLP040B-0150--		1150	555	370	300	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0250--		1150	555	370	400	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0250--	HNL01.1E	1150	555	370	400	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0250--	HNL01.1E	1150	555	370	400	Verl.
HCS03.1E-W0070--05-	MLP040B-0250--		1150	555	370	400	Verl.
HCS02.1E-W0054--03-	MLP040B-0250--		1150	555	370	400	Verl.

Auswahlliste der zur Verfügung stehenden Antriebe

Abbildung 45: IndraSize Ergebnissenfenster [21]

Um die zu bewegende Masse und den benötigten Einbauraum so gering wie möglich zu halten, wird der kleinste in der Auswahlliste verfügbare Antrieb ausgewählt, der MLP040B-150. Der Output Report der Berechnungssoftware sowie das Datenblatt des gewählten Antriebs ist im Anhang vermerkt.

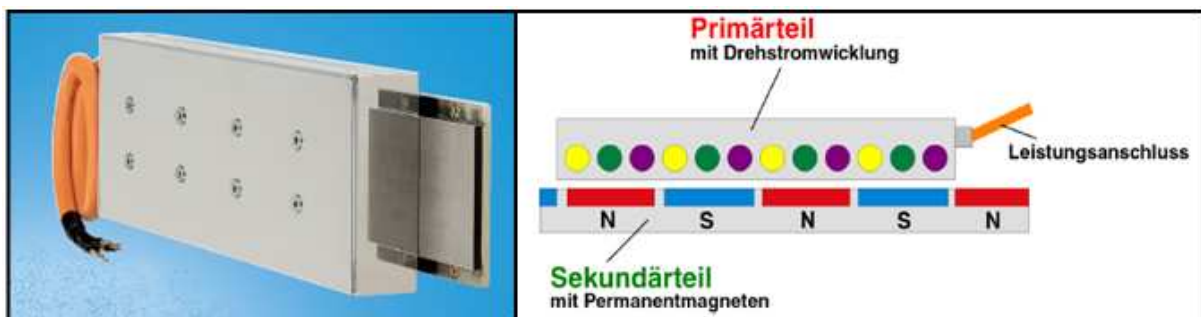


Abbildung 46: Linear-Direkt-Antrieb von Rexroth [8]

6.2.1.3 Konstruktion des Pull Nose Systems

• Gesamtansicht Pull Nose System

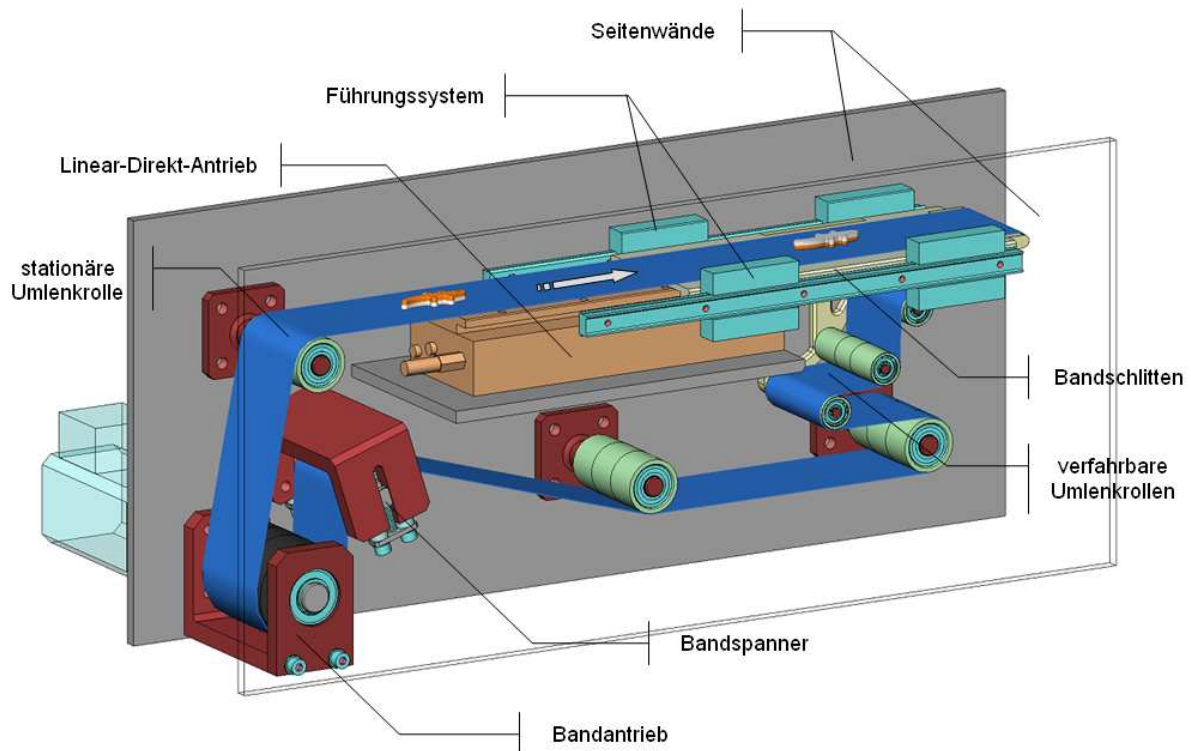


Abbildung 47: Gesamtansicht Konstruktion Pull Nose System

Um eine beidseitige Führung des Bandschlittens zu ermöglichen, wird das gesamte Pull Nose System zwischen zwei Seitenwänden (Abb. 47) installiert. Der Bandschlitten selbst wird direkt am Sekundärteil des Linear-Direkt-Antriebs angebracht. Dessen Primärteil ist fest mit dem Gestell verbunden. Aufgrund des geringen Platzes zwischen dem Linear-Direkt-Antrieb und dem nachgeschalteten Transportband sind statt einer drei verfahrbare Umlenkrollen nötig, welche mit Hilfe eines Befestigungsrahmens am Bandschlitten angebracht sind (Abb. 49), (siehe Anhang: Zeichnung 8-107-262-696).

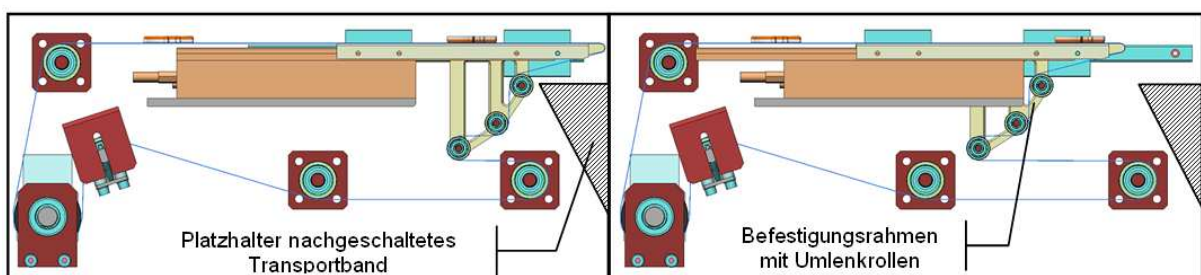


Abbildung 48: Pull Nose Positionierungsmöglichkeiten (Führungen teilweise ausgeblendet)

- **Bandschlitten-System mit Linear-Direkt-Antrieb**

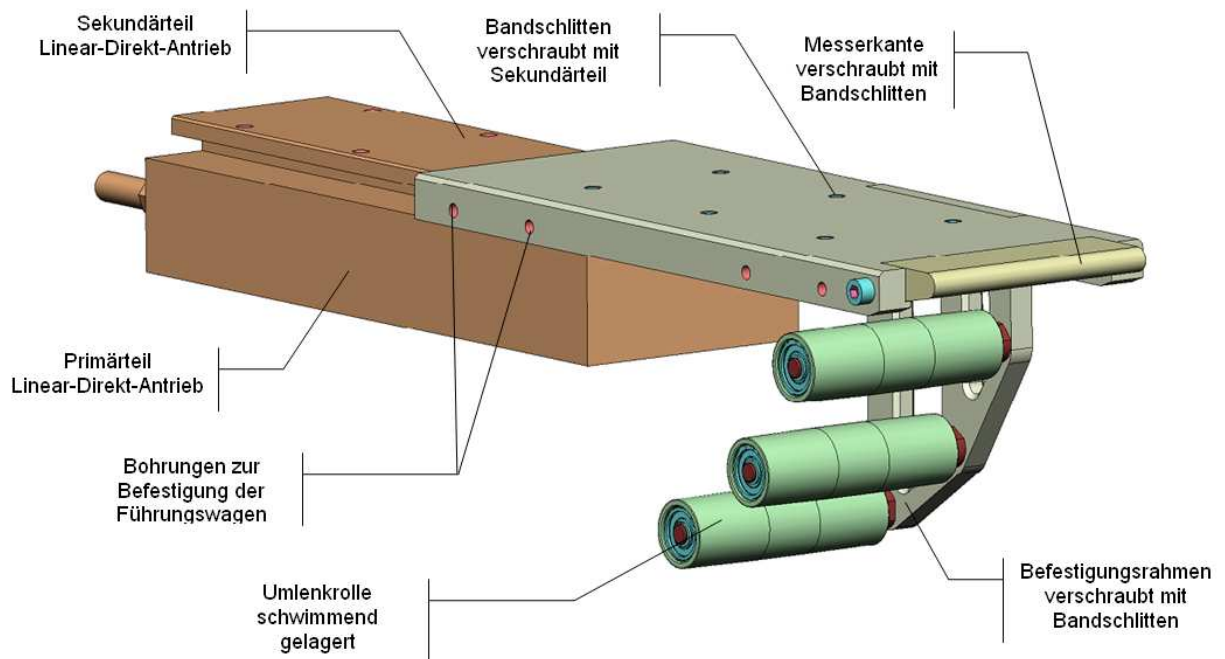


Abbildung 49: Konstruktion Bandschlitten-System mit Linear-Direkt-Antrieb

Die zentrale Komponente der Pull Nose Konstruktion ist neben dem Linear-Direkt-Antrieb der Bandschlitten. Versehen mit einer Reihe von Ausfräsungen, Bohrungen und Gewindebohrungen dient er zur Aufnahme und Befestigung der wichtigsten Komponenten (Abb.49).

Um die bewegte Masse gering zu halten, werden vorwiegend Materialien mit geringer Dichte verbaut. Ferner reicht der Bandschlitten aus diesem Grund nicht über die gesamte Länge des Sekundärteiles.

Die Umlenkrollen sind schwimmend auf den Achsen gelagert (siehe 6.1.1.3 / stationäre Umlenkrolle) [1]. Um eine einfache Montage des Transportbandes zu ermöglichen, sind die Achsen über dem, Befestigungsrahmen nur einseitig gesichert.

- **Führungssystem**



Abbildung 50: Laufrollenführungssystem von Bosch Rexroth

Zur Führung des Bandschlittens wird ein Laufrollenführungssystem der Firma Rexroth verwendet. Dieses System zeichnet sich besonders durch die hohe zulässige Geschwindigkeit von bis zu 10 m/s und dem geringen Gewicht des Führungswagens aus. Um eine Beeinträchtigung durch Schmutz und Produktabrieb zu vermeiden, ist der Führungswagen rundum geschlossen und besitzt eine integrierte Abstreif- und Schmiereinheit [10].

- **Bandantrieb**

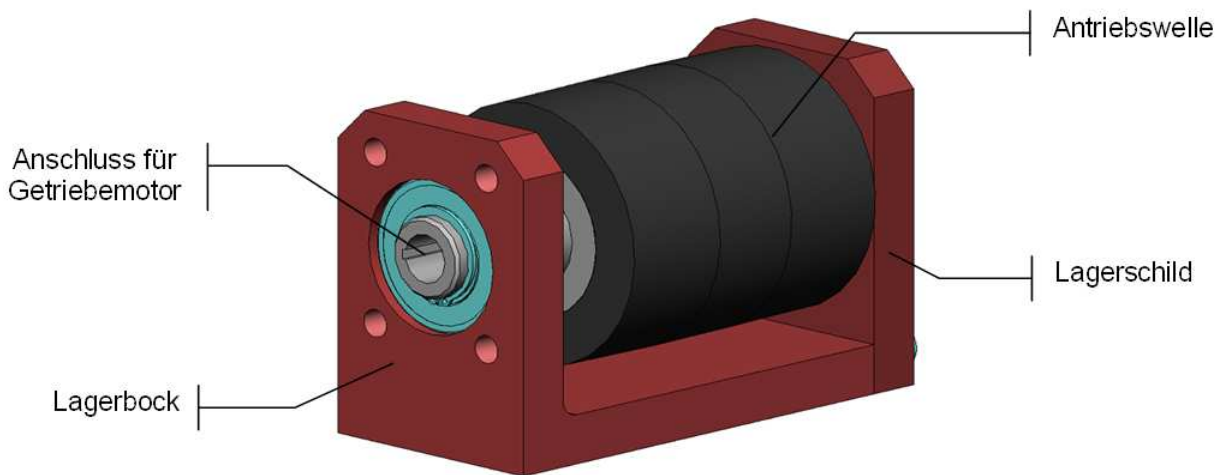


Abbildung 51: Konstruktion Bandantrieb

Um den Reibwert zwischen Transportband und Antriebswelle zu erhöhen, ist diese mit einem Gummimantel umgeben. Zur Vereinfachung der Bandmontage wird die Antriebswelle von einem festen Lagerbock und einem abnehmbaren Lagerschild getragen. Der Durchmesser der Antriebswelle und die Größe des Getriebemotors ergeben sich aus Kapitel 6.2.1.4 Auslegung Bandantrieb.

- **Bandspanner**

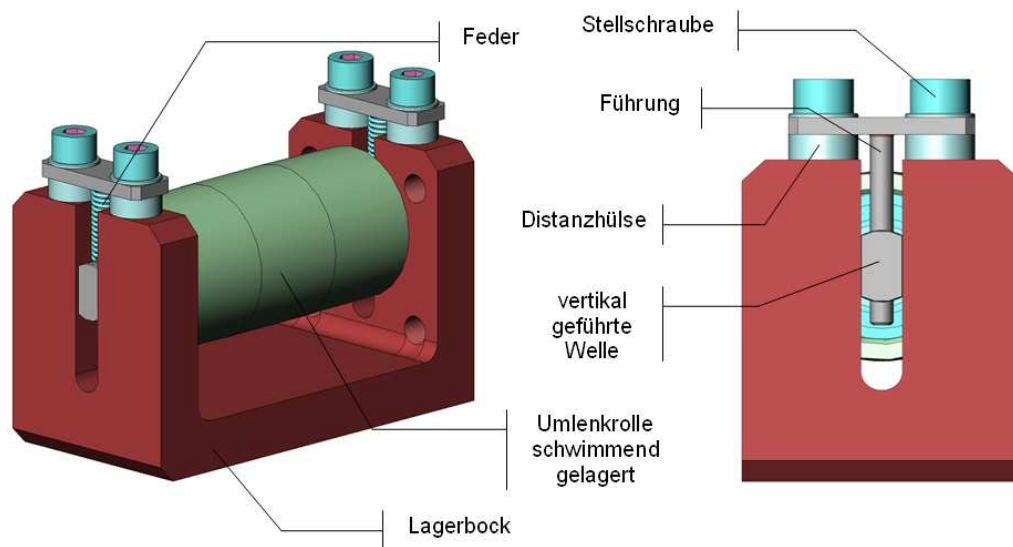


Abbildung 52: Konstruktion Bandspanner

Die Umlenkrolle des Bandspanners ist schwimmend auf einer Welle gelagert, die in der vertikalen Ebene frei beweglich ist. Seitlich geführt wird die Welle durch zwei Ausfräsung im Lagerbock und den beiden zylindrischen Führungen, auf denen auch die Druckfedern sitzen. Mit Hilfe von Distanzhülsen lässt sich die gewünschte Bandspannung (ca. 50 N) einstellen. Durch den Einsatz von unterschiedlich starken Distanzhülsen lässt sich außerdem der Kantenverlauf des Bandes ausrichten.

- **stationäre Umlenkrolle**

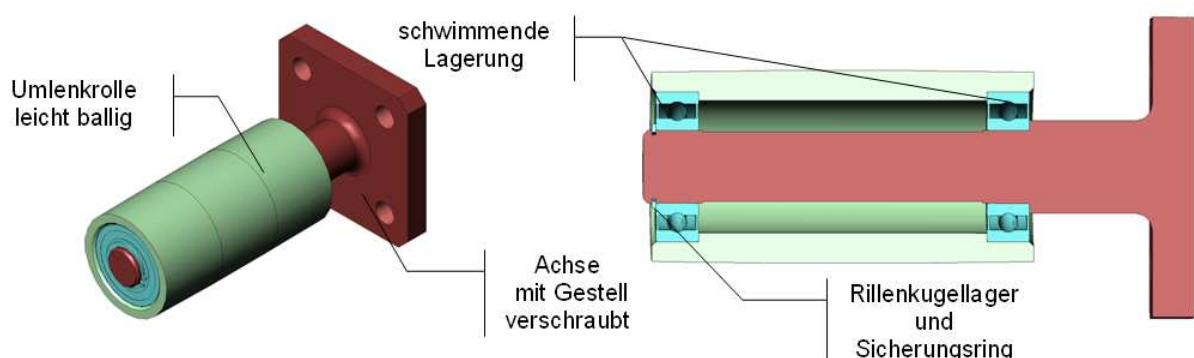


Abbildung 53: Konstruktion stationäre Umlenkrolle [1]

Zur Zentrierung des Transportbandes ist die äußere Mantelfläche der Umlenkrollen leicht ballig. Da keine enge axiale Führung der Rollen nötig ist, sind alle Umlenkrollen schwimmend gelagert. Auf einen rechnerischen Nachweis der Achse und der Lager wird aufgrund der geringen Belastung - relativ zur Komponentengröße - verzichtet.

6.2.1.4 Auslegung Bandantrieb

Zur Ermittlung der benötigten Antriebswerte wie Drehmoment, Drehzahl und Außendurchmesser des Bandantriebes wird die Berechnungssoftware B-Rex der Firma Siegling verwendet. Die folgende Abbildung erläutert kurz die Arbeitsoberfläche des Programms.

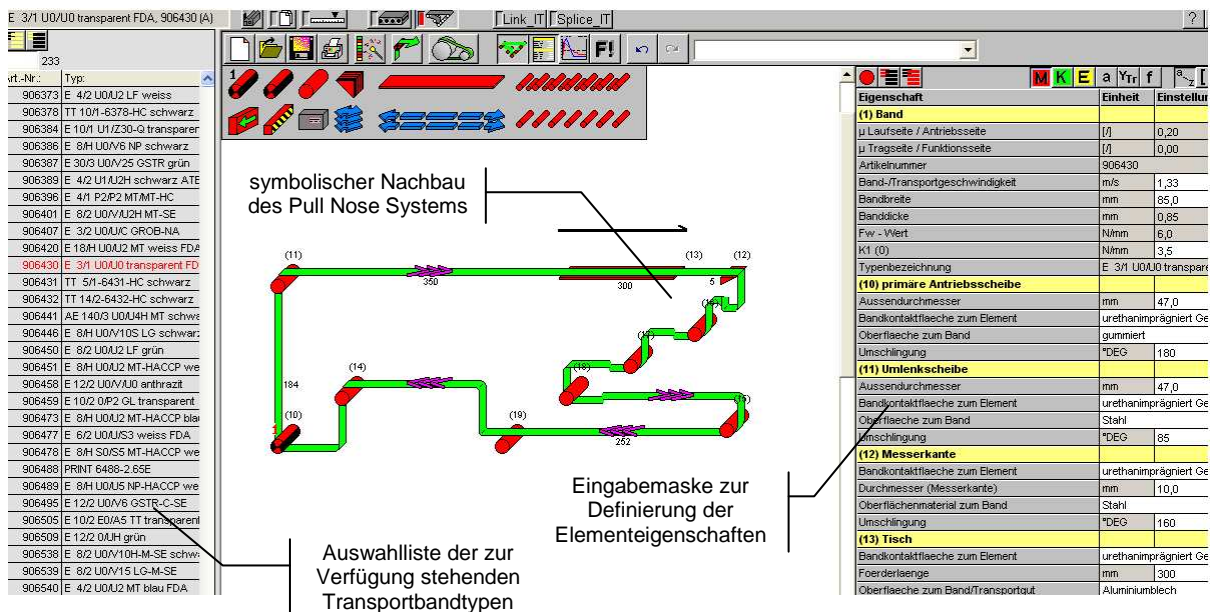


Abbildung 54: B-Rex Arbeitsoberfläche [20]

Die Darstellung aller Komponenten des Bandverlaufes sowie der Trumlängen sind mit dieser Software nur symbolisch möglich. Die zur Anlagenauslegung erforderlichen Größen wie Außendurchmesser, Umschlingungswinkel und Oberflächenmaterial werden in der Eingabemaske festgelegt. Daraus ermittelt die Software die Ergebnisse und stellt fest, ob die Anlage so betrieben werden kann.

Auf eine Darstellung der ermittelten Ergebnisse wird im Hauptteil der Arbeit verzichtet. Eine detaillierte Dokumentierung der Antriebsauslegung für alle drei Funktionsgruppen ist im Anhang vermerkt.

6.2.2 Variantenkonstruktion – FK 2 Produktstrom wenden

• Gesamtansicht gekreuztes Endloswendeband

Das Endlosband wird schleifenförmig zwischen den horizontalen Bandführungen und den oberen Umlenkrollen geführt (siehe Abb. 56). Zwischen den beiden horizontalen Bandführungen entsteht dadurch ein ca. 900 mm langer Wendebereich (Vorgabe Bandhersteller), in dem sich die gleichsinnig in Förderrichtung laufenden Bandtrume kreuzen. Der Spalt zwischen den Trumen lässt sich über die horizontalen Bandführungen und die zusätzliche Bandführung im Wendebereich verstellen (siehe Anhang: Zeichnung 8-107-262-697).

Um eine gute Zugänglichkeit zu ermöglichen, ist die gesamte Wendevorrichtung nur einseitig an das Gestell montiert. Zusätzlich ist ein Bandabstreifer vorgesehen, der das Endloswendeband von Verschmutzungen durch Produktabrieb befreit.

• Bandführung Horizontal

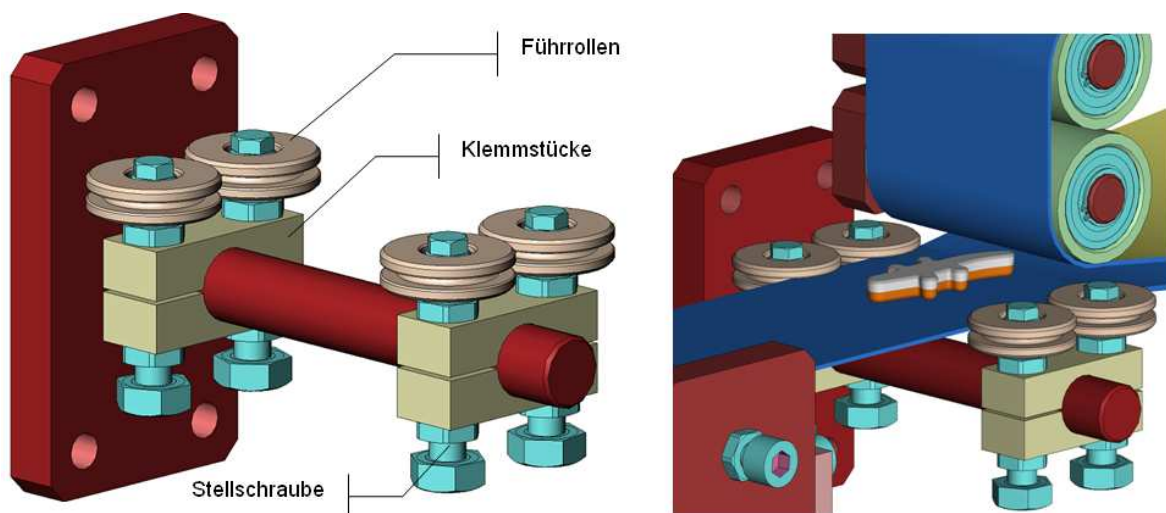


Abbildung 55: Konstruktion Bandführung Horizontal

Das paarweise Anordnen der drehbar gelagerten Führrollen erzeugt an beiden Bandkanten einen Führbereich. Durch ein leichtes Anwinkeln der Klemmstücke entsteht eine schonende Bandführung zwischen horizontalem Bandverlauf und Wendebereich. Mittels Stellschrauben lässt sich zudem der Abstand zwischen oberem und unterem Bandtrum verstellen.

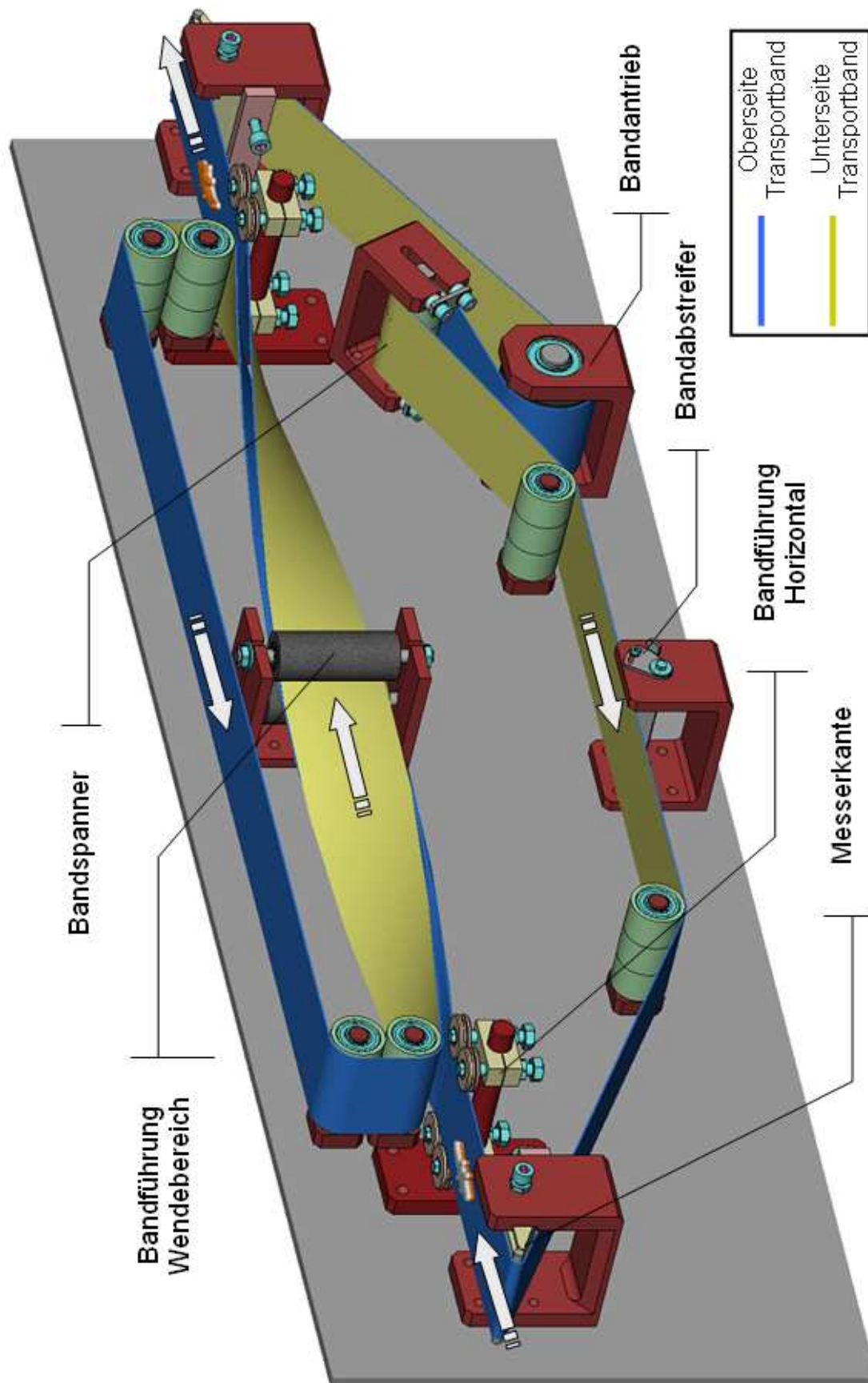


Abbildung 56: Gesamtansicht Konstruktion gekreuztes Endloswendeband

- **Bandführung Wendebereich**



Diese Bandführung befindet sich genau in der Mitte des Wendebereiches, wo beide Bandtrume 180° zum horizontalen Bandverlauf verdreht sind. Sie besteht im Wesentlichen aus zwei Achsen, auf denen drehend gelagerte Walzen aus elastischem Gummi angebracht sind. Über den Walzenabstand kann die Spaltbreite im Wendebereich und somit die Stärke der Produktklemmung verstellt werden. Zusätzlich verhindert sie ein verlaufen der gekreuzten Trume.

Abbildung 57: Konstruktion Bandführung Wendebereich

- **Bandabstreifer**

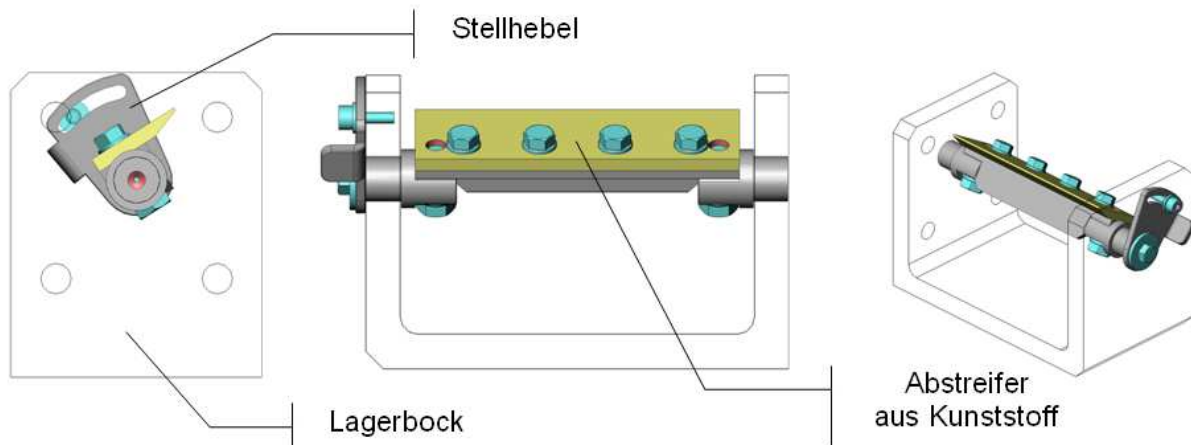


Abbildung 58: Konstruktion Bandabstreifer

Der Bandabstreifer besteht im Wesentlichen aus einem Kunststoffprofil, das über einen klemmbaren Stellhebel von unten gegen die Oberseite des Transportbandes gedrückt wird. Der Lagerbock ist so bemessen, dass eine Auffangwanne unterhalb des Abstreifers platziert werden kann.

6.2.3 Variantenkonstruktion – FK 3 Produktstrom zusammenführen

- Gesamtansicht geneigte Rampe

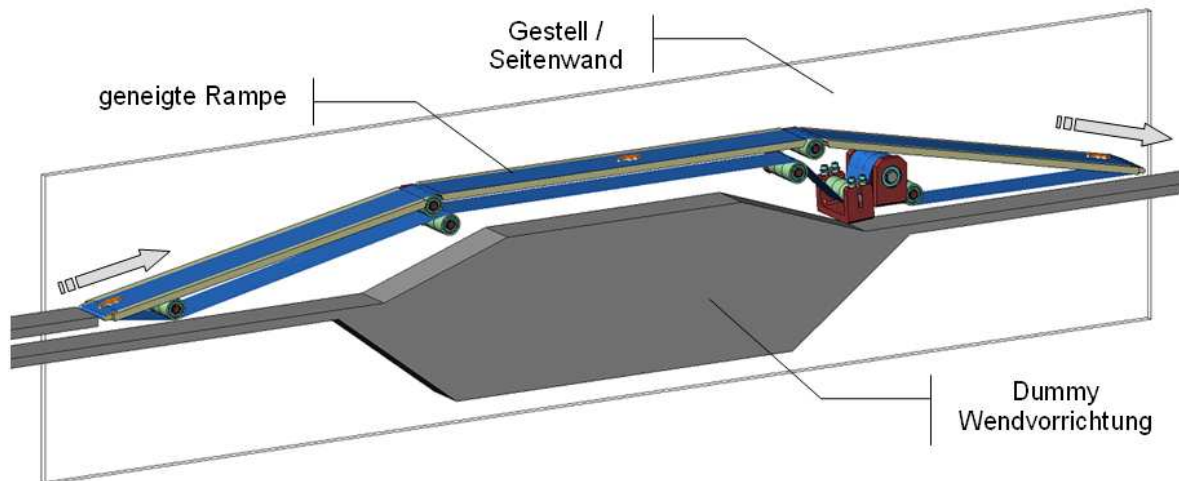


Abbildung 59: Gesamtansicht Konstruktion geneigte Rampe

Die Konstruktion ist so angelegt, dass die nicht zu wendenden Produkte über eine flach ansteigende Rampe parallel zur Förderrichtung über die Wendevorrichtung geleitet werden. Alle Komponenten der Konstruktion sind einseitig am Gestell der Wendevorrichtung angebracht. Die Fallhöhe der Produkte und damit der Abstand zwischen der Messerkante und dem nachgeschalteten Transportband beträgt ca. 40mm. Um die längere Wegstrecke auszugleichen muss die Bandgeschwindigkeit der Rampe um den Faktor 1,3 höher sein als die der Wendevorrichtung. So wird ein Eintakten der nicht zu wendenden Produkte an ihre ursprüngliche Position im Produktstrom gewährleistet (siehe Anhang: Zeichnung 8-107-262-698).

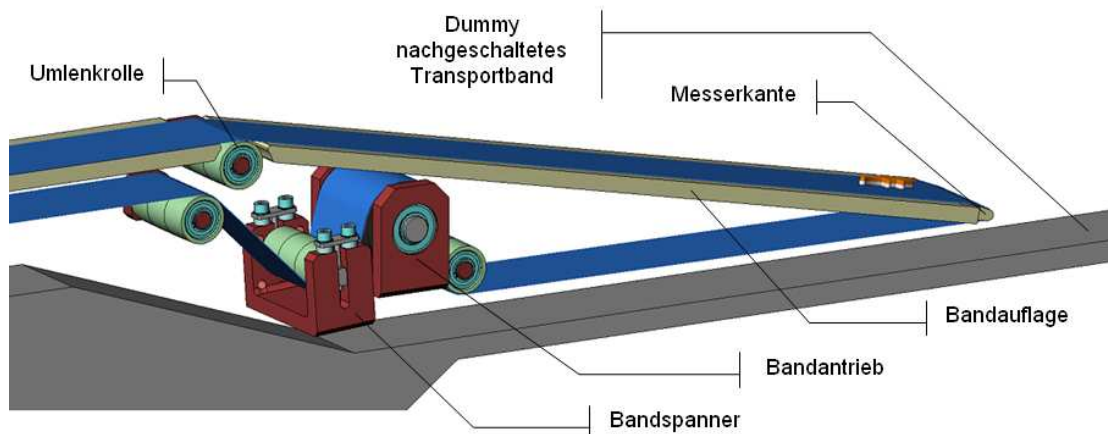


Abbildung 60: Detailansicht Konstruktion geneigte Rampe

6.2.4 Komplettkonstruktion

Die drei Funktionsgruppen werden letztlich zu einer Komplettkonstruktion zusammengefügt. Die Darstellungen beschränken sich auf die bereits vorgestellten Funktionsgruppen, zusätzliche Komponenten sind als vereinfachte Platzhalter abgebildet (siehe Anhang: Zeichnung 8-107-262-695).

Die Abbildung 61 zeigt, wie der zugeführte Produktstrom von dem sensorgesteuerten Pull Nose System in zwei Teilströme aufgeteilt wird. Der untere Produktstrom wird dem Endloswendeband zugeführt, der obere wird mittels der geneigten Rampe über die Wendevorrichtung transportiert. Anschließend werden beide Teilströme wieder vereinigt und der nachgeschalteten Einheit zugeführt.

Der Vergleich der fertigen Konstruktion mit der Anforderungsliste aus Abschnitt 3.3 zeigt, dass alle Pflichtkriterien erfüllt werden. Auch die Wunschkriterien werden bis auf Kriterium 13 erfüllt, soweit sich das in dieser Phase der Konstruktion beurteilen lässt.

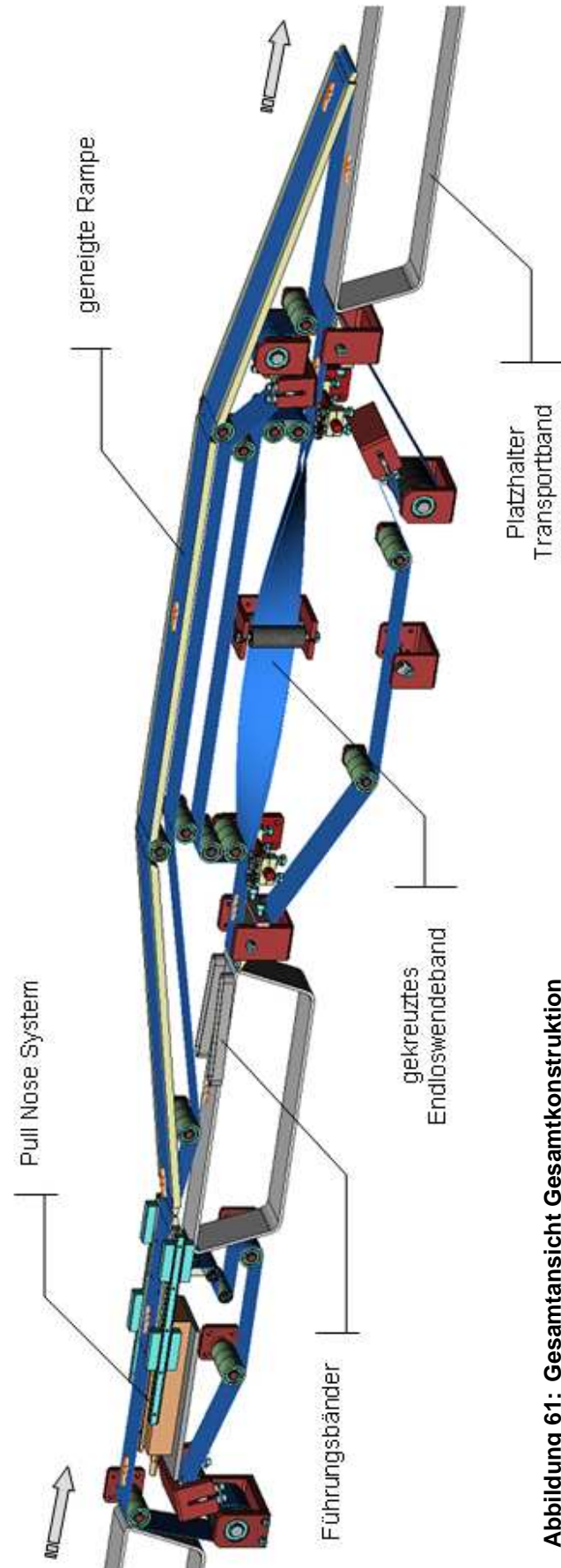


Abbildung 61: Gesamtansicht Gesamtkonstruktion

7 Ausblick

Der nächste Schritt muss sicher die Suche nach einer geeigneten Lageerkennung für Gelee-Artikel sein, insofern das im Moment schon möglich ist. Da keinerlei Vergleichskonzepte und Erfahrungen im Bereich des vollautomatischen Ausrichtens von Gelee-Artikeln vorliegen, ist der Bau eines Prototyps für den Funktionsnachweis des entwickelten Konzeptes unerlässlich.

Anschließend müssen Referenzkunden ausfindig gemacht werden, um einen ersten Prototypen im Feld zu platzieren. Dadurch können weitere Erfahrungen im Umgang mit diesem neuartigen System gesammelt werden.

Parallel zu den Testläufen muss ein Marktpreis bestimmt werden, zu dem die Kunden bereit sind, in ein System zum Ausrichten für Gelee - Produkte zu investieren.

Anhang

- **Inhalt:**

1. Zeichnungsanhang (als extra Ordner)
2. IndraSize Outputreport: Auslegung des Linear-Direkt-Antriebes
3. Datenblatt des gewählten Linear-Direkt-Antriebes MLP040B-150-
4. B-Rex Outputreport: Auslegung Pull Nose System
5. B-Rex Outputreport: Auslegung gekreuztes Endloswendeband
6. B-Rex Outputreport: Auslegung geneigte Rampe

IndraSize

Software for Sizing Drives

Output Report 13-05-2009 18:03

Version 04V13, Datenbankversion 2009-02-11

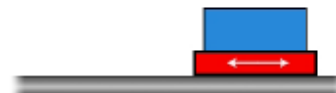
Projektdaten

Projektname: Linear_Direct_Drive_Standard1 Achsenname: unbenannt

	Kundenadresse	Bestelladresse
Name:		
Kontakt:		
Straße:		
Postleitzahl:		
Ort:		
Land:		
Telefonnummer:		
Telefaxnummer:		
E-Mail-Adresse:		

Zusätzliche Bemerkungen:

Applikation

 Mechanik Linearer Direktantrieb
 Bewegungsprofil Standard (linear)


Ausgewählter Antrieb

Antriebsfamilie	IndraDriveC	Motortyp	MLP040B-0150- - -
Reglertyp	HCS03.1E-W0070- -05-	Zusatzkomponenten	
Netzspannung	3 x 400 [V AC]	Zwischenkreisspannung	ungeregelt
Maximalgeschwindigkeit	300.000 [m/min]	Dauernennkraft	370.000 [N]
Maximalkraft	1150.000 [N]	Kurzzeitbetriebskraft	555.000 [N]
SB	480 [%]		

Eingabedaten Mechanik - Linearer Direktantrieb

Bewegte Masse	2.500 kg	Gegengewicht (relativ)	0.000 -
Reibfaktor	0.012 -	Gegenkraft (hyd./pneum.)	0.000 -
Zus. Kraft	0.000 N	Anzahl Antriebe	1.00 -
bewegte Teile	Bewegtes Sekundärteil	Achsenneigung	0.000 °

Berechnete Werte

-1 -

The Software IndraSize is a license free version. Use it at your own risk.

IndraSize has been developed and tested with the highest possible diligence, but nonetheless, the occurrence of defects cannot be completely eliminated. Rexroth will not be liable for any defects that occur by the usage of this software.

IndraSize

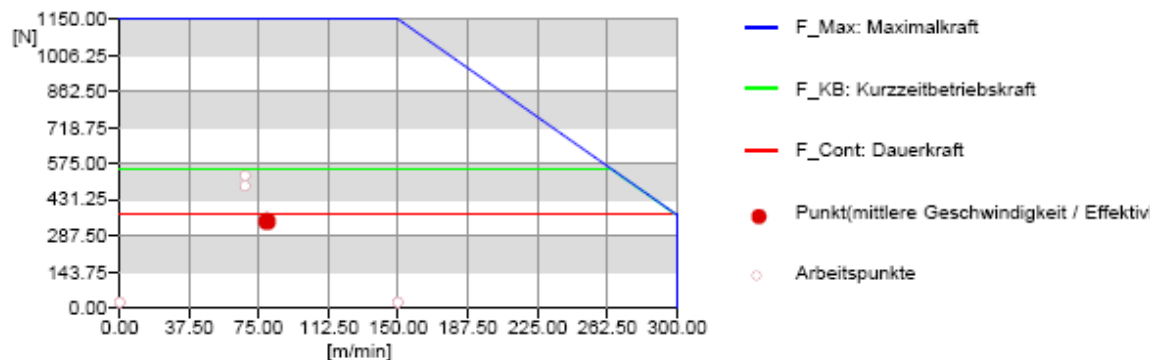
Software for Sizing Drives

Output Report 13-05-2009 18:03

Version 04V13, Datenbankversion 2009-02-11

max. bewegte Gesamtmasse	4.930 [kg]	Max. bewegte Lastmasse	2.500 kg
Masse Sekundärteil	2.430 kg	Maximalgeschwindigkeit	150.000 m/min
Mittlere Geschwindigkeit	79.545 m/min	Maximalwert Beschleunigung	102.631 m/s ²
Effektivkraft	342.993 N	Zykluszeit	0.075 s
Maximalwert Kraft	526.952 N	Effektiver Verfahrweg	0.100 m
benötigte Länge Sekundärteil	0.450 [m]		
Detaillierte Kraft-/Leistungswerte			
Maximalwert Beschleunigungskraft	505.971 N	Maximalwert Bearbeitungskraft	0.000 N
Maximalwert Gewichtskraft	0.000 N	Benötigte Kühlleistung	472.638 W
Maximalwert Reibkraft	20.980 N		
Werte am Zwischenkreis			
Dauerleistung	0.927 kW	Maximalleistung	1.623 kW
Rückspisedauerleistung	0.455 kW	Rückspisemaximalleistung	1.402 kW
Rückspiseenergie	15.406 Ws		

Kennlinie mit Arbeitspunkten



Bewegungsprofil - Standard (linear)

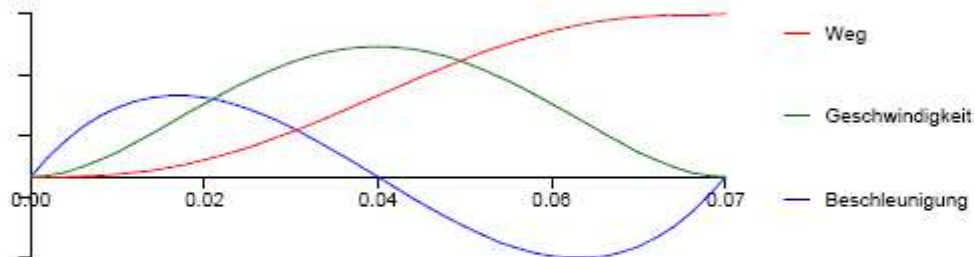
Geamtzeit	0.075 s	Effektiver Weg	100.000 mm
Ruckbegrenzung	nicht aktiv		

IndraSize

Software for Sizing Drives

Output Report 13-05-2009 18:03

Version 04V13, Datenbankversion 2009-02-11



Phasentyp / Richtung	Weg [m]	Zeit [s]	Beschl. [m/s ²]	Anf.geschw. [m/s]	Endgeschw. [m/s]	ges.Masse [kg]	Prozeßkraft [N]
Beschleunigung/Vor	0.050	0.037	102.831	0.000	2.500	2.500	0.000
Bremsen/Vor	0.050	0.037	-102.831	2.500	0.000	2.500	0.000

5.2.3 Sekundärteil MLS040

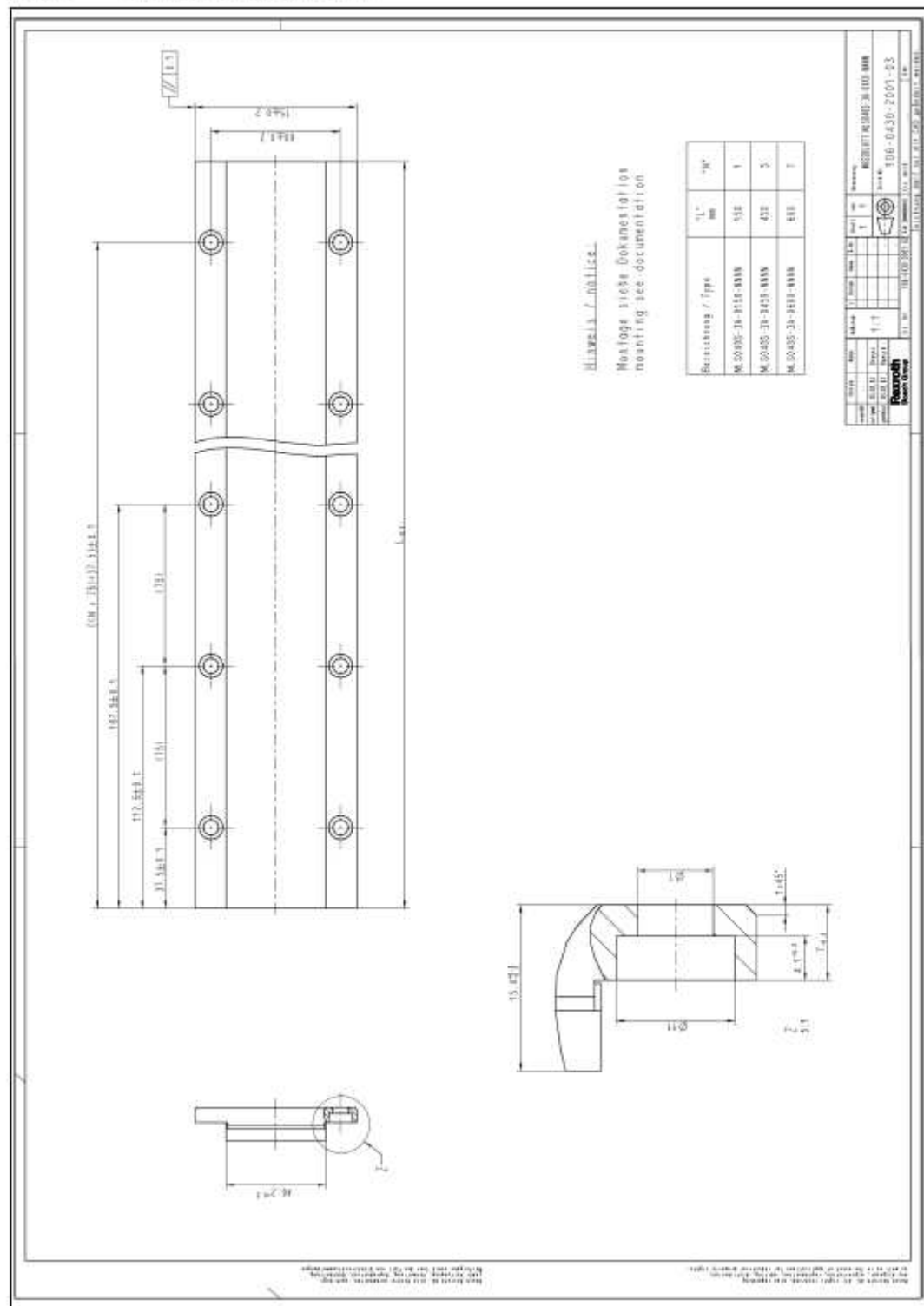
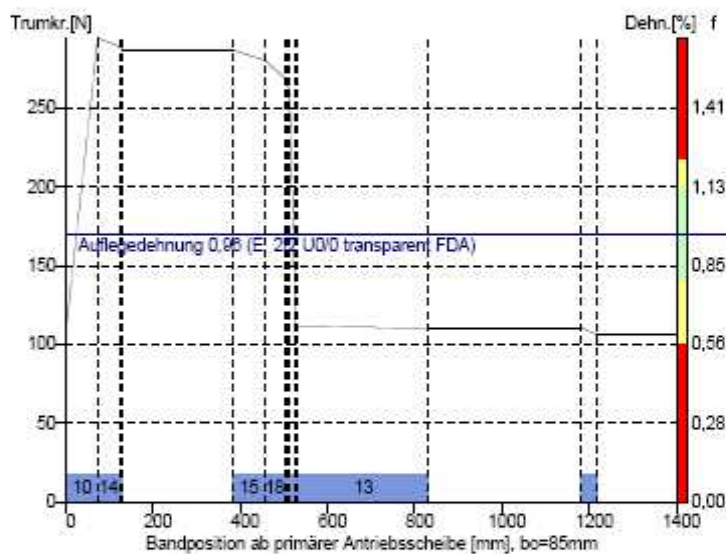
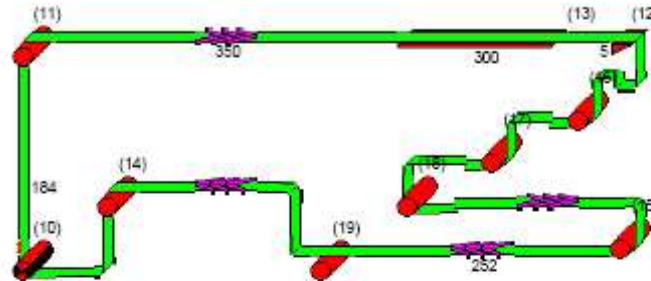


Abb. 5-5: Sekundärteil ML S040

Anlagenauslegung **siegling transilon®**

E 2/2 U0/0 transparent FDA



(1) Band

Typenreihe	Transilon	
Laufseite / Antriebsseite	urethan imprägniert Gewebe	
Tragseite / Funktionsseite	ohne Beschichtung Gewebe	
Artikelnummer	900102	
Typenbezeichnung	E 2/2 U0/0 transparent FDA	
Band-/Transportgeschwindigkeit	1,33	m/s
Bandmasse	0,1	kg
Bandlänge (ca., keine Bestellaenge)	1401	mm
Bandbreite	85,0	mm
Auflegedehnung	0,66	%
μ Tragseite / Funktionsseite	0,25	[/]
μ Laufseite / Antriebsseite	0,20	[/]
Banddicke	1,20	mm
Biegeleistungskennwert	0,05	[/]
spez. Gewicht	1,20	kg/m ²
Fw - Wert	4,0	N/mm
SD - Wert	2,0	N/mm
max. zul. Dehnung	2,00	%
Mindestdurchmesser	3	mm
Differenz max./min. Dehnung	1,06	%
zus. Dehnung durch Fliehkraft	0,00	%
maximale Dehnung dynamisch	1,66	%
minimale Dehnung dynamisch	0,60	%
maximale Trunkkraft dynamisch	294,4	N
minimale Trunkkraft dynamisch	106,2	N
FuNenn	28,0	N/mm
FuMaxFaktor	1,00	[/]

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und fahrbetrieblichen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vorliegenden, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgegeschäden.

forbo

MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

K1	2,5	N/mm
(10) primäre Antriebsscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	180	°/EG
Oberfläche zum Band	gummiert	
Drehmoment	4,6	Nm
Leistung	0,26	kW
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	194,7	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	398,6	N
Biegeleistungsanteil	6,6	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	42,9	mm
Wellenbelastung statisch	339,5	N
rho-Wert	0,031	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	2,05	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Leistung bei Spitzenlast	0,26	kW
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	398,6	N
Drehmoment bei Spitzenlast	4,6	Nm
Eigenfrequenz 1 transversal	89,546	1/s
(11) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	85	°/EG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	4,5	N
Fliehkraft	0,1	N
Wellenbelastung dynamisch	145,2	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	4,5	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	229,4	N
rho-Wert	0,002	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	32,19	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	145,2	N
Eigenfrequenz 1 transversal	89,546	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	47,076	1/s
(12) Messerkante		
Umschlingung	180	°/EG
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Durchmesser (Messerkante)	10,0	mm
Oberflächenmaterial zum Band	Stahl	
Messerkantentemperatur (ca.)	46	°C
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	150,2	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	365,2	N
Biegeleistungsanteil	29,1	N
Wellenbelastung statisch	334,3	N
Wellenbelastung bei Spitzenlast	365,2	N
(13) Tisch		
Oberfläche zum Band/Transportgut	Aluminiumblech	
Förderlänge	300	mm

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und fördertechnischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Überwiegend ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

Bestellangaben

E 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102

Bearbeitung durch:

Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH

Bearbeitung für:

Pull Nose System



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siebling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	0,1	N
(14) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	120	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	5,4	N
Fliehkraft	0,1	N
Wellenbelastung dynamisch	503,5	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	5,4	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	294,0	N
rho-Wert	0,001	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	93,93	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	503,5	N
(15) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	180	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	6,6	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	565,1	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	6,6	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	339,5	N
rho-Wert	0,001	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	86,07	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	565,1	N
Eigenfrequenz 2 transversal	105,223	1/s
(16) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	28,0	mm
Innendurchmesser	18,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,3	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,4	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	25	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	907,18	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	4,1	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	113,5	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	4,1	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	5,0	mm
Wellenbelastung statisch	73,5	N

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und fahrdynamischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siebling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgesprochen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

Pull Nose System



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siebling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

rho-Wert	0,008	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	27,64	[/]
Flächenmoment	25019	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	113,5	N
(17) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	28,0	mm
Innendurchmesser	18,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,3	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,4	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	25	DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	907,18	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	4,1	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	115,3	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	4,1	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	4,9	mm
Wellenbelastung statisch	73,5	N
rho-Wert	0,008	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	28,07	[/]
Flächenmoment	25019	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	115,3	N
(18) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	28,0	mm
Innendurchmesser	18,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,3	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,4	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	180	DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	907,18	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	11,0	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	547,5	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	11,0	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	339,5	N
rho-Wert	0,003	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	49,68	[/]
Flächenmoment	25019	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,001	mm
Durchbiegung dynamisch	0,001	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,001	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	547,5	N
(19) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	20	DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	2,2	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	99,7	N

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und führungstechnischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass die Foto Siebling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Überfalls ausgerechnet ist die Grenzleistung bei Folgeschritten.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Hähnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

Pull Nose System



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Ueberlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	2,2	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	59,0	N
rho-Wert	0,003	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	45,54	[/]
Flaechenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	99,7	N
Eigenfrequenz 1 transversal	105,223	1/s

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.:900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

Pull Nose System

Seite 5/5, 18:18:02, 13.05.2009

\\W010\lens13\END13\Fraktanten_Diplomanden\M.Haehnel\Bauberechnung\PullNose.tex

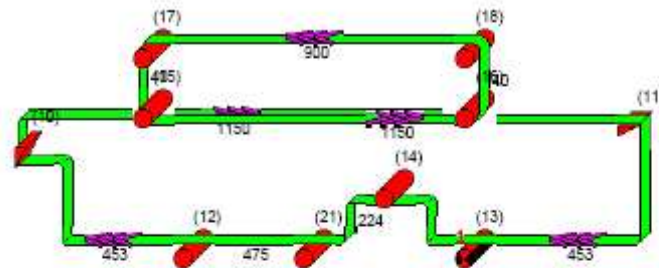
Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und f rdermechanischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verstandnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der verf glichen, kaum vollständig erf ssbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgedrückt ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.



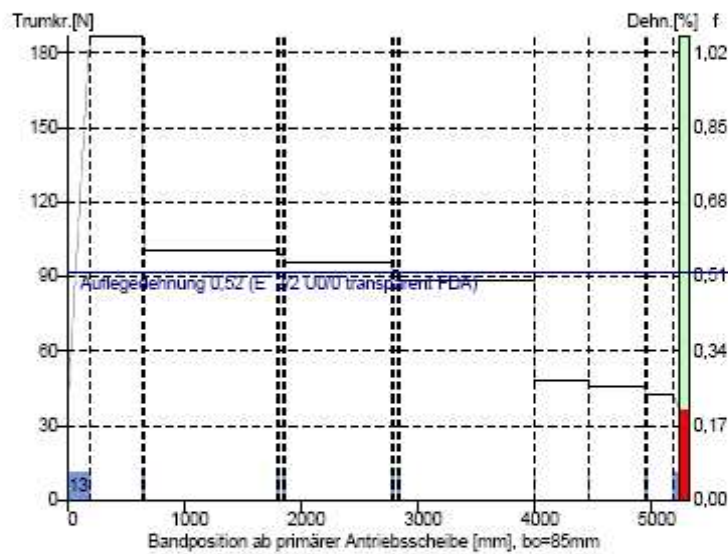
MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

**Bestellangaben**E 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

gekreuztes Endloswendeband

**(1) Band**

Typenreihe	Transilon
Laufseite / Antriebsseite	urethanimprägniert Gewebe
Tragseite / Funktionsseite	ohne Beschichtung Gewebe
Artikelnummer	900102
Typenbezeichnung	E 2/2 U0/0 transparent FDA
Band-/Transportgeschwindigkeit	1,33 m/s
Bandmasse	0,5 kg
Bandlänge (ca., keine Bestelllänge)	5232 mm
Bandbreite	85,0 mm
Auflagedehnung	0,52 %
μ Tragseite / Funktionsseite	0,25 [f]
μ Laufseite / Antriebsseite	0,20 [f]
Banddicke	1,20 mm
Biegeleistungskennwert	0,05 [f]
spez. Gewicht	1,20 kg/m ²
Fw - Wert	4,0 N/mm
SD - Wert	2,0 N/mm
max. zul. Dehnung	2,00 %
Minstdurchmesser	3 mm
Differenz max./min Dehnung	0,85 %
zus. Dehnung durch Fliehkraft	0,00 %
maximale Dehnung dynamisch	1,06 %
minimale Dehnung dynamisch	0,21 %
maximale Trunkkraft dynamisch	188,9 N
minimale Trunkkraft dynamisch	38,9 N
FuNenn	65,0 N/mm
FuMaxFaktor	1,25 [f]
K1	2,5 N/mm

Diese Berechnung soll eine Mittelstellung bei der Auslegung von antriebs- und fiderischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der verfügbaren, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siebling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

(10) Messerkante		
Umschlingung	110	°DEG
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Durchmesser (Messerkante)	8,0	mm
Oberflächenmaterial zum Band	Stahl	
Messerkantentemperatur (ca.)	29	°C
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	40,9	N
Fliehkraft	0,1	N
Wellenbelastung dynamisch	113,5	N
Biegeleistungsanteil	30,2	N
Wellenbelastung statisch	150,2	N
Wellenbelastung bei Spitzenlast	113,5	N
(11) Messerkante		
Umschlingung	110	°DEG
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Durchmesser (Messerkante)	8,0	mm
Oberflächenmaterial zum Band	Stahl	
Messerkantentemperatur (ca.)	38	°C
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	88,0	N
Fliehkraft	0,1	N
Wellenbelastung dynamisch	239,8	N
Biegeleistungsanteil	30,2	N
Wellenbelastung statisch	150,2	N
Wellenbelastung bei Spitzenlast	239,8	N
(12) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	20	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	2,2	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	16,2	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	2,2	N
erford. Durchmesser für Umfangskraft	15,9	mm
Wellenbelastung statisch	31,8	N
rho-Wert	0,003	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	7,40	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	16,2	N
Eigenfrequenz 1 transversal	23,929	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	22,294	1/s
(13) primäre Antriebsscheibe		
Aussendurchmesser	120,0	mm
Innendurchmesser	40,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	7,4	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,6	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,015	Nms ²
Umschlingung	180	°DEG
Oberfläche zum Band	gummiert	
Drehmoment	9,2	Nm
Leistung	0,20	kW
Drehzahl	211,68	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	152,6	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	222,5	N
Biegeleistungsanteil	2,6	N
erford. Durchmesser für Umfangskraft	52,0	mm
Wellenbelastung statisch	183,3	N
rho-Wert	0,010	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	1,46	[/]

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antreib- und fahrdynamischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siebling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

gekreuztes Endloswendband



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Flächenmoment	10053097	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Leistung bei Spitzenlast	0,20	kW
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	222,5	N
Drehmoment bei Spitzenlast	9,2	Nm
Eigenfrequenz 1 transversal	47,245	1/s
(14) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	130	°/DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	5,8	N
Fliehkraft	0,1	N
Wellenbelastung dynamisch	70,8	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	5,8	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	166,2	N
rho-Wert	0,001	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	12,70	[]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	70,8	N
Eigenfrequenz 2 transversal	45,548	1/s
(15) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	20	°/DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	2,2	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	34,5	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	2,2	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	7,5	mm
Wellenbelastung statisch	31,8	N
rho-Wert	0,003	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	15,77	[]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	34,5	N
Eigenfrequenz 1 transversal	388,790	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	13,672	1/s
(16) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	45	°/DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von Antrieb- und Förderdrücken Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

gekreuztes Endloswendeband



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	3,3	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	68,8	N
Ueberlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	3,3	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,2	mm
Wellenbelastung statisch	70,2	N
rho-Wert	0,002	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	20,97	[/]
Flaechenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	68,8	N
Eigenfrequenz 1 transversal	12,831	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	375,634	1/s
(17) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlaenge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Waelbhoehe nach SIEGLING	0,5	mm
Massentraegheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	45	DEG
Oberflaeche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktflaeche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	3,3	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	73,8	N
Ueberlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	3,3	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	70,2	N
rho-Wert	0,002	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	22,50	[/]
Flaechenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	73,8	N
Eigenfrequenz 1 transversal	16,990	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	388,790	1/s
(18) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlaenge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Waelbhoehe nach SIEGLING	0,5	mm
Massentraegheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	45	DEG
Oberflaeche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktflaeche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	3,3	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	71,3	N
Ueberlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	3,3	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,1	mm
Wellenbelastung statisch	70,2	N
rho-Wert	0,002	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	21,73	[/]
Flaechenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	71,3	N
Eigenfrequenz 1 transversal	375,634	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	16,990	1/s
(21) Umlenkscheibe		

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und f rdermechanischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verstandnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielf tigen, kaum vollständig erf ssbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

Bestellangaben

E 2/2 U0/0 transparent FDA
 Artikel-Nr.:900102

Bearbeitung durch:

Marko Haehnel
 Robert Bosch GmbH

Bearbeitung für:

gekreuztes Endloswendeband



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	45	°/DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	540,45	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	3,3	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	33,4	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	3,3	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	6,5	mm
Wellenbelastung statisch	70,2	N
rho-Wert	0,002	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	10,18	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	33,4	N
Eigenfrequenz 1 transversal	45,548	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	22,294	1/s

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

gekreuztes Endloswendeband

Seite 5/5, 18:21:44, 13.05.2009

\\V010\end15\END12\Praktikanten_Diplomanden\M.Haehnel\Bandberechnung\gEWS.exe

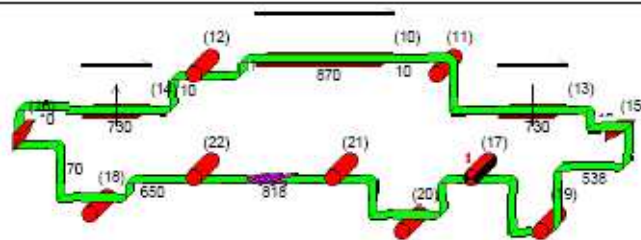
Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und fahrdynamischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.



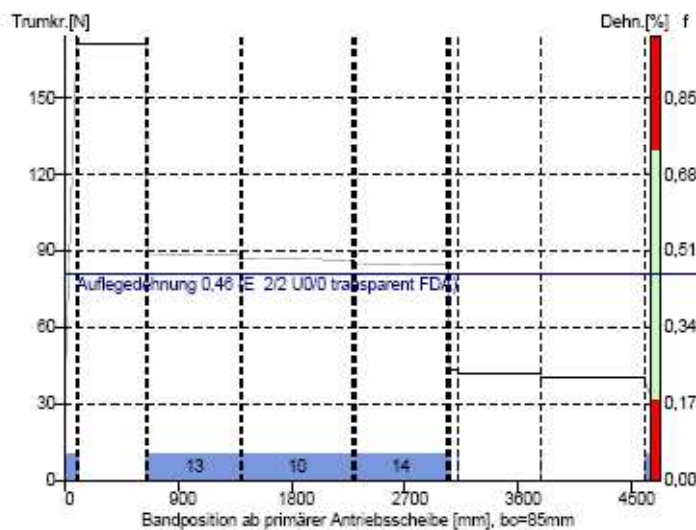
MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon®**

E 2/2 U0/0 transparent FDA

**Bestellangaben**E 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Hashnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

geneigte Rampe

**(1) Band**

Typenreihe	Transilon	
Laufseite / Antriebsseite	urethan imprägniert Gewebe	
Tragseite / Funktionsseite	ohne Beschichtung Gewebe	
Artikelnummer	900102	
Typenbezeichnung	E 2/2 U0/0 transparent FDA	
Band-Transportgeschwindigkeit	1,75	m/s
Bandmasse	0,5	kg
Bandlänge (ca., keine Bestellaenge)	4647	mm
Bandbreite	85,0	mm
Aufgedehnung	0,48	%
μ Tragseite / Funktionsseite	0,25	[/]
μ Laufseite / Antriebsseite	0,20	[/]
Banddicke	1,20	mm
Biegeleistungskennwert	0,05	[/]
spez. Gewicht	1,20	kg/m ²
Fw - Wert	4,0	N/mm
SD - Wert	2,0	N/mm
max. zul. Dehnung	2,00	%
Minstdurchmesser	3	mm
Differenz max./min. Dehnung	0,80	%
zus. Dehnung durch Fliehkraft	0,00	%
maximale Dehnung dynamisch	0,98	%
minimale Dehnung dynamisch	0,19	%
maximale Trunkkraft dynamisch	174,3	N
minimale Trunkkraft dynamisch	33,2	N
FuNenn	15,0	N/mm
K1	2,5	N/mm

(10) Tisch

Oberfläche zum Band/Transportgut	Melaminharz glatt	
Förderlänge	870	mm

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von Antrieb- und Fördertechnischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Foto Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	0,3	N
(11) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	10	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	1,7	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	15,2	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	1,7	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	22,0	mm
Wellenbelastung statisch	14,1	N
rho-Wert	0,005	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	9,10	[]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	15,2	N
Eigenfrequenz 2 transversal	1458,111	1/s
(12) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	10	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	1,7	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	14,9	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	1,7	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	22,5	mm
Wellenbelastung statisch	14,1	N
rho-Wert	0,005	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	8,90	[]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	14,9	N
Eigenfrequenz 1 transversal	1455,997	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	1441,878	1/s
(13) Tisch		
Oberfläche zum Band/Transportgut	Aluminiumblech	
Neigungswinkel (links fixiert)	-10	°DEG
Förderlänge	730	mm
Förderhöhe	127	mm
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	0,4	N
(14) Tisch		
Oberfläche zum Band/Transportgut	Aluminiumblech	
Neigungswinkel (links fixiert)	10	°DEG
Förderlänge	730	mm
Förderhöhe	127	mm
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	0,4	N
(15) Messerkante		
Umschlingung	110	°DEG

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antreib- und fñhrtechnischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis daffir, dass die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfassbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

geneigte Rampe



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon®**

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Bandkontaktfäche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Durchmesser (Messerkante)	10,0	mm
Oberflächenmaterial zum Band	Stahl	
Messerkantentemperatur (ca.)	36	°C
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	82,6	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	216,9	N
Biegeleistungsanteil	26,0	N
Wellenbelastung statisch	132,7	N
Wellenbelastung bei Spitzenlast	216,9	N
(16) Messerkante		
Umschlingung	110	°DEG
Bandkontaktfäche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Durchmesser (Messerkante)	10,0	mm
Oberflächenmaterial zum Band	Stahl	
Messerkantentemperatur (ca.)	29	°C
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	40,7	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	106,1	N
Biegeleistungsanteil	26,0	N
Wellenbelastung statisch	132,7	N
Wellenbelastung bei Spitzenlast	106,1	N
(17) primäre Antriebsscheibe		
Aussendurchmesser	60,0	mm
Innendurchmesser	50,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,6	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	180	°DEG
Oberfläche zum Band	gummiert	
Drehmoment	4,4	Nm
Leistung	0,26	kW
Drehzahl	557,04	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	146,6	N
Fliehkraft	0,4	N
Wellenbelastung dynamisch	205,7	N
Biegeleistungsanteil	5,5	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	52,8	mm
Wellenbelastung statisch	161,9	N
rho-Wert	0,018	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	1,40	[-]
Flächenmoment	329376	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Leistung bei Spitzenlast	0,26	kW
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	205,7	N
Drehmoment bei Spitzenlast	4,4	Nm
(18) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	10	°DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethanimprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	1,7	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	7,5	N
Ueberlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	1,7	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	44,5	mm
Wellenbelastung statisch	14,1	N
rho-Wert	0,005	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	4,50	[-]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von antriebs- und fahrdynamischen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Überwiegend ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

Bestellangaben

E 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.:900102

Bearbeitung durch:

Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH

Bearbeitung für:

geneigte Rampe



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	7,5	N
Eigenfrequenz 1 transversal	147,828	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	15,624	1/s
(19) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	30	°/EG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	2,9	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	89,0	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	2,9	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,0	mm
Wellenbelastung statisch	41,9	N
rho-Wert	0,003	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	30,79	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	89,0	N
Eigenfrequenz 1 transversal	38,087	1/s
(20) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	110	°/EG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	5,5	N
Fliehkraft	0,2	N
Wellenbelastung dynamisch	57,5	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	5,5	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	3,6	mm
Wellenbelastung statisch	132,7	N
rho-Wert	0,001	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	10,39	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	57,5	N
(21) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	10	°/EG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	1,7	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	6,9	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmässiger Betrieb (0%)	

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von Antrieb- und Förderanlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der vielfältigen, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.: 900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

geneigte Rampe



MOVEMENT SYSTEMS

Anlagenauslegung **siegling transilon**®

E 2/2 U0/0 transparent FDA

Biegeleistungsanteil	1,7	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	48,1	mm
Wellenbelastung statisch	14,1	N
rho-Wert	0,005	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	4,16	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	6,9	N
Eigenfrequenz 2 transversal	12,166	1/s
(22) Umlenkscheibe		
Aussendurchmesser	47,0	mm
Innendurchmesser	37,0	mm
Scheibenbreite/(Rollenlänge)	93,5	mm
Masse der Scheibe(n)	0,5	kg
Wölbhöhe nach SIEGLING	0,5	mm
Massenträgheitsmoment Scheibe err.	0,000	Nms ²
Umschlingung	10	DEG
Oberfläche zum Band	Stahl	
Drehzahl	711,12	1/min
Bandkontaktfäche zum Element	urethan imprägniert Gewebe	
Material der Scheibe(n)	Stahl	
Umfangskraft gesamt, Normalbetrieb	1,7	N
Fliehkraft	0,0	N
Wellenbelastung dynamisch	7,2	N
Überlastvorgabe automatisch	gleichmaessiger Betrieb (0%)	
Biegeleistungsanteil	1,7	N
erforderl. Durchmesser für Umfangskraft	48,2	mm
Wellenbelastung statisch	14,1	N
rho-Wert	0,005	N/mm ²
Kennwert Fw / Fu	4,33	[/]
Flächenmoment	147533	m ⁴
Durchbiegung statisch	0,000	mm
Durchbiegung dynamisch	0,000	mm
Durchbiegung bei Spitzenlast	0,000	mm
Wellenbelastung bei Spitzenlast	7,2	N
Eigenfrequenz 1 transversal	15,624	1/s
Eigenfrequenz 2 transversal	12,166	1/s

BestellangabenE 2/2 U0/0 transparent FDA
Artikel-Nr.:900102**Bearbeitung durch:**Marko Haehnel
Robert Bosch GmbH**Bearbeitung für:**

geneigte Rampe

Seite 5/5, 18:23:59, 13.05.2009

I:\W010\end15\END12\Praktikanten_Diplomanden\M.Haehnel\Bandberechnung\ger1.lex

Diese Berechnung soll eine Hilfestellung bei der Auslegung von Antrieb- und Fördermaschinen Anlagen bieten. Bitte haben Sie Verständnis dafür, wenn die Forbo Siegling GmbH aufgrund der verfügbaren, kaum vollständig erfüllbaren Randbedingungen solcher Anlagen für die Richtigkeit der Berechnungen keine Gewähr übernehmen kann. Ebenfalls ausgeschlossen ist die Gewährleistung bei Folgeschäden.



MOVEMENT SYSTEMS

Literaturverzeichnis

- [1] Muhs, Dieter; Wittel, Herbert...: Roloff / Matek Maschinenelemente. - 17., überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Vieweg Verlag, 2005
- [2] Edmund, Gerhard: Entwickeln und Konstruieren mit System. - Band 51. Esslingen: Technische Akademie Esslingen, 1979
- [3] Breiing, Alois; Flemming, Manfred: Theorie und Methoden des Konstruierens. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1993
- [4] Kuchling, Horst: Physik. - 17.Auflage. Leipzig: VEB Fachbuchverlag, 1985
- [5] Volmer, Johannes: Getriebetechnik Lehrbuch. - 5., durchgesehene Auflage. Karl-Marx-Stadt: VEB Verlag Technik Berlin, 1987
- [6] Weck, Manfred; Brecher, Christian: Werkzeugmaschinen 3 Vorschubantrieb. - 6., neu bearbeitete Auflage. Berlin Heidelberg, 2006
- [7] Homepage der Firma Schreyer Sondermaschinen GmbH; Auenwald - Mittelbrüden. www.schreyerinfo.de (Stand November 2008)
- [8] Projektierung Synchron - Linearmotoren Rexroth IndraDyn L; Bosch Rexroth AG, 2008
- [9] Homepage der Plattform für Energieeffizienz, Energietechnik und Antriebstechnik; Schweiz. www.energie.ch, (Stand April 2009)
- [10] Produktkatalog Laufrollenführung; Bosch Rexroth AG, 2004
- [11] Homepage der digitalen Mechanismen- und Getriebebibliothek, Ilmenau. www.dmg-lib.org (Stand Februar 2009)
- [12] Schutzrecht EP 1927561-A1 (2008-06-04). Kraft, Eberhard. Pr.: EP 1927561 2006-07-27

-
- [13] Schutzrecht DE 3338068-A1 (1984-06-20). Walz, Theo. Pr.: DE 3338068 1983-10-20
- [14] Schutzrecht EP 1681250-B1 (2008-10-15). Ponti, Guiseppe. Pr.: EP 1681250 2006-01-12
- [15] Schutzrecht DE 29503014-U1 (1996-05-09). Miller, Lee. Pr.: DE 29503014 1995-02-23
- [16] Schutzrecht AT 376630-B (1984-12-10). Springer, Hans. Pr.: AT 376630 1981-07-31
- [17] Schutzrecht DE 1997178-U (1964-11-24). Mertens, Roland. Pr.: DE 1997178
- [18] Schutzrecht DE 4010330-A1 (1990-10-25). Kogasaka, Yoshihiro. Pr.: DE 4010330 1990-03-30
- [19] Homepage des deutschen Marken und Patentamtes, München www.depatistnet.de (Stand November 2008)
- [20] Berechnungssoftware B-Rex, Version 3.1.2; Firma Forbo Siegling, 2009
- [21] Berechnungssoftware IndraSize 4, Version 13; Bosch Rexroth AG, 2009

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Die Arbeit besteht aus: 71 Seiten (ohne Anhang)

Viersen, im Mai 2009

Marko Haehnel